



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VENTILAČNÍ ZAŘÍZENÍ

VENTILATION DEVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Peter Kubovčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Peter Kubovčík**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Ventilační zařízení

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční vývoj 3D modelů alternativních stavebnicových mechanických systémů ventilačních větrných turbín včetně vývoje regulací.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat rešeršní zprávu zaměřenou na historii a vývoj konstrukcí větrných turbín, na světové i jednotlivé výrobce ventilačních turbín, ventilačních hlavíc a příslušenství, včetně výkonnostních charakteristik.

Vytvářet 3D modely alternativních stavebnicových regulovatelných ventilačních turbín dle podkladů vedoucího práce.

Seznam literatury:

Shigley, J.E., Mischke, Ch.R., Budynas, R.G. (2010): Konstruování strojních součástí. ISBN 978-8-214-2629-0.

Julina, M., Venclík, V. (2001): Mechanika dynamika pro školu a praxi. Scientia s.r.o. Praha. ISBN 80-7183-238-9.

Ventfair GmbH, <http://www.ventfair.com>, přístup 23. duben 2015.

Edmonds, <http://www.edmonds.com.au>, přístup 10. duben 2015.

Lomanco, inc., <http://www.lomanco.com>, přístup 17. květen 2015.

Ventilační turbína, <http://www.ventilacniturbina.cz>, přístup 23. duben 2015.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Bakalárska práca sa zaoberá konštrukčným vývojom 3D modelov systémov ventilačných veterných turbín, vrátane vývoja regulácii. Boli navrhnuté, vymodelované a popísané tri varianty ventilačných zariadení s cieľom zvýšiť množstvo odsávaného vzduchu pri zachovaní nulovej spotreby energie zo siete. Podľa podkladov Vedúceho práce boli vypočítané, nakreslené a vymodelované dve zariadenia slúžiace na reguláciu množstva odsávaného vzduchu, konkrétne regulácie pomocou polklapky a štvrt'klapky. Výstupom sú výrobné výkresy oboch regulácii.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

ventilačná turbína, patent, výkonnostná charakteristika, regulácia, Solidworks

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with constructional development of the turbine ventilator 3D models, including the regulation development. Three options of the ventilation devices were described, designed and modelled using a Solidworks in order to increase amount of exhaust air, while maintaining zero consumption of the electricity. According to a Supervisor's documents were calculated, drawn and modelled two devices, used for regulation of exhaust air by half-valve damper and quarter-valve damper. The output of thesis are drawings of both regulation dampers.

KEYWORDS

turbine ventilator, patent, performance characteristic, regulation, Solidworks



BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

KUBOVČÍK, P. *Ventilační zařízení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 55 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.



ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je moje pôvodné dielo, spracoval som ju samostatne pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 27. mája 2016

.....

Peter Kubovčík



POĎAKOVANIE

Týmto by som chcel poďakovať doc. Ing. Jiřímu Maláškoví, Ph.D. za odbornú pomoc, informácie a usmernenie pri písaní mojej práce.



OBSAH

Úvod	9
1 Vetranie ventilačnou turbínou	10
1.1 Princíp funkcie	10
1.2 Možnosti použitia	11
2 Konštrukcia ventilačnej turbíny	13
2.1 História a patenty konštrukcii ventilačných zariadení	13
2.2 Súčasný trendy ventilačných turbín	18
2.2.1 Samočinné ventilačné turbíny	18
2.2.2 Hybridné ventilačné turbíny	20
3 Výrobcovia a typy ventilačných turbín	21
3.1 Edmonds	21
3.1.1 Supavent 250	21
3.1.2 Turboventura 150	22
3.1.3 SewerVent 150	22
3.1.4 WindMaster 300	23
3.1.5 TurboBeam	24
3.1.6 Hurricane	24
3.1.7 Eco Power	26
3.2 Lomanco	26
3.2.1 Model IB-8	26
3.2.2 Model BIB 12	27
3.2.3 Model BIB 14	28
3.2.4 Energo	28
3.3 Vytoz-eko	29
4 Grafické porovnanie sacích výkonností	30
5 Návrhy zvýšenia výkonu ventilačných turbín	34
6 Regulácia množstva odsávaného vzduchu	37
6.1 Regulácia pomocou polklapky	37
6.2 Regulácia pomocou štvrt'klapky	43
Záver	47
Zoznam použitých skratiek a symbolov	51
Zoznam obrázkov	52
Zoznam tabuliek	54
Zoznam príloh	55



ÚVOD

V dnešnej dobe trávi človek väčšinu času v uzavretých priestoroch. Na zvýšení komfortu vnútri budov sa veľkou časťou podieľa správne a pravidelné vetranie. Zabezpečí výmenu vzduchu s nadmerným obsahom CO₂, odstránenie vlhkosti, pachov a zlepšenie tepelnej pohody.

Výmena vzduchu medzi vnútorným a vonkajším prostredím prebieha na základe prirodzenej alebo nútenej konvekcie. Prirodzená konvekcia je závislá na rozdieli hustôt resp. teplotnom rozdieli vzduchu. Otvorenie okna je najjednoduchší spôsob k jej realizácii. Zariadenie využívajúce, okrem iných princípov, daný druh prúdenia sa nazýva ventilačná turbína.

Ventilačná turbína je jednoduchý a cenovo dostupný mechanizmus, ktorý je poháňaný prírodným zdrojom – vetrom. Pracuje zadarmo, čo je jeho najväčšou prednosťou. Po prvotných investíciách na kúpu a inštaláciu nevyžaduje žiadne ďalšie náklady na prevádzku.

Hlavnou úlohou turbíny je odsávanie použitého vzduchu z uzavretých priestorov a zabezpečenie jeho cirkulácie. Zariadenie je často podceňované, ale má radu výhod v porovnaní s pasívnou ventiláciou alebo elektro-mechanickou ventiláciou a je vhodnou alternatívou klimatizácie, ktoré majú vysoký odber energie.

V súčasnej dobe je na trhu množstvo výrobcov ponúkajúcich ventilačné turbíny s ohľadom na prostredie v ktorom budú použité, s požadovanou výkonnosťou a parametrami podľa potrieb zákazníka.

V prvej časti bakalárskej práci je popísaný princíp funkcie týchto zariadení a ich použitie. Ďalšia časť je venovaná histórii a patentom rozličných konštrukcií ventilačných turbín s objasnením ich funkcie. Nasleduje konštrukčné riešenie zariadení používaných v súčasnosti, charakteristika výrobcov a ich produktov a porovnanie výkonností jednotlivých typov. Praktickým prínosom je návrh ďalších možných riešení konštrukcie ventilačných zariadení s cieľom zvýšiť výkonnosť a množstvo odsávaného vzduchu. Posledná kapitola je zameraná na konštrukciu mechanickej regulácie, čoho výstupom je niekoľko výrobných výkresov.

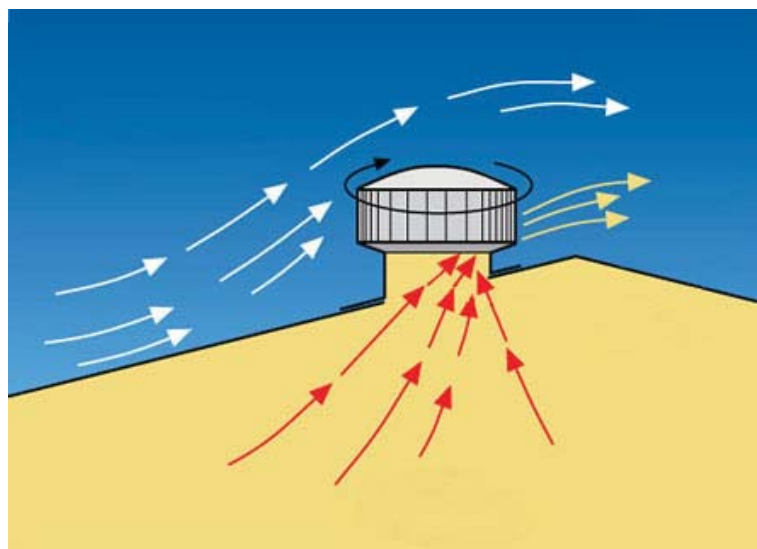
1 VETRANIE VENTILAČNOU TURBÍNOU

1.1 PRINCÍP FUNKCIE

Princíp funkcie vychádza zo základných poznatkov prúdenia plynov. Dôležitým fenoménom je komínový efekt. Vo vnútorných priestoroch sa vzduch vydýcha, ohreje vplyvom zariadení, spotrebičov atď. Čím má vzduch teplotu vyššiu, tým je jeho tlak nižší a teda má tendenciu stúpať nahor so snahou dosiahnuť rovnovážny stav. Preto sa turbíny umiestňujú na strechy domov a hál a čím je konštrukcia vyššia, tým je väčší výsledný komínový efekt.

Ďalším dôležitým princípom je, že lopatky turbíny sú poháňané vetrom a vplyvom ich rotácie dochádza k vytvoreniu podtlaku pod hlavicou, čo výrazne urýchľuje odsávanie nahromadeného teplého vzduchu pod turbínou do vonkajšieho prostredia. Vzduch vstupuje do hrdla turbíny axiálne a vplyvom otáčania lopatiek je vysatý von radiálne (Obr. 1). Čerstvý, nový vzduch začne následne prúdiť dovnútra objektu cez okná, vetracie otvory a štrbiny a tým je zabezpečená cirkulácia vzduchu.

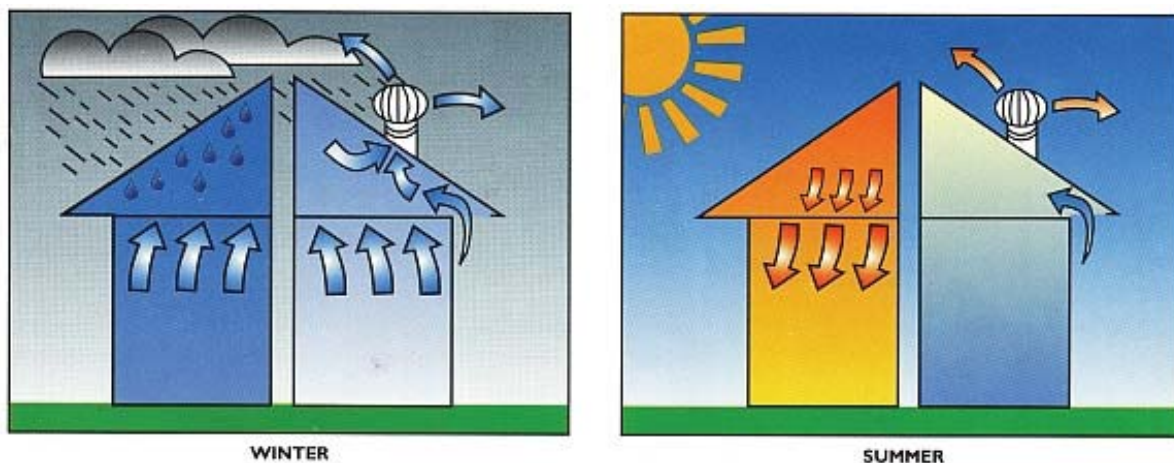
Zariadenie funguje aj v úplnom bezvetří len na princípe komínového efektu, avšak s nízkou účinnosťou. V prípade, že je potrebné neustále vetranie aj pri nepriaznivých poveternostných podmienkach, používa sa konštrukcia s pridaným elektromotorom pripojeným na sieť, ktorý napomáha k rotácii hlavice. [1]



Obr. 1 Ventilačná turbína a prúdenie vzduchu [1]



Turbína má rozdielnu úlohu v priebehu zimného a letného obdobia (Obr. 2). V lete je strecha ohrievaná slnkom a teplo prúdi do podkrovných, obytných resp. pracovných priestorov, kde môže teplota dosiahnuť vysokých hodnôt. Vhodnou inštaláciou ventilačnej turbíny je prehriaty vzduch vysatý von a nahradený studenším. V zime, v dôsledku vzniku teplotných rozdielov medzi strechou a interiérom, odvetrávajú prebytočnú vlhkosť, ktorá môže poškodiť strechu alebo interiér domu. Keďže je v zime nežiadúce prebytočné odsávanie teplého vzduchu a snažíme sa zabrániť tepelným stratám, množstvo odsávaného vzduchu je vhodné regulovať pomocou regulačných klapiek. [2]



Obr. 2 Odvetrávanie pomocou ventilačnej turbíny v zime a v lete [2]

1.2 MOŽNOSTI POUŽITIA

Zariadenie je vhodné k odvetrávaniu strešných plášťov, interiérov, šachiet, výrobných a športových hál, skladov, poľnohospodárskych objektov a rôznych ďalších priestorov, v ktorých je nutné zaistiť pravidelnú výmenu vzduchu.

ODVETRÁVANIE STREŠNÝCH PLÁŠŤOV A INTERIÉROV

Aby sa zabránilo poškodeniu nadmernou vlhkosťou alebo vysokými teplotami v atických častiach strechy, inštaluje sa ventilačná turbína a napomáha k vzdušnému oplachu priestorov. K tomu je nutné zabezpečiť prívod vzduchu pomocou ventilačných otvorov namontovaných na spodnej časti strechy. Turbínu je možné upevniť na všetky typy striech s rôznymi typmi krytiny a vďaka vhodne konštrukčne vyriesenej základni je možné turbínu nastaviť do požadovanej polohy v rozsahu 0 - 45°.

Pri správnom návrhu je možné odvetrávať strešný plášť a pomocou ventilačných klapiek, potrubí a ďalšieho príslušenstva súčasne aj obytné priestory v dome.

Nemenej dôležité je odvetrávanie výrobných hál, skladov, športových hál, kde môže nahromadené teplo a nečistý vzduch negatívne vplývať na osoby vnútri objektu alebo môže dlhodobým pôsobením poškodiť časti striech (Obr. 3). [3]



Obr. 3 Odvetrávanie hál pomocou ventilačných turbín [4]

ODVETRÁVANIE ŠACHIET PANELOVÝCH DOMOV

Do šachty ústia potrubia vedúce z WC, kúpeľne, kuchyne. Realizácia odvetrávania centrálnym trojfázovým ventilátorom umiestneným na streche objektu vykazuje veľkú hlučnosť, časté poruchy a spotrebu nezanedbateľného množstva energie. Vhodnou náhradou je ventilačná turbína, ktorej náklady na prevádzku sú nulové a zabezpečuje kvalitné odvetranie, odvod pachov a vlhkosti. [3]



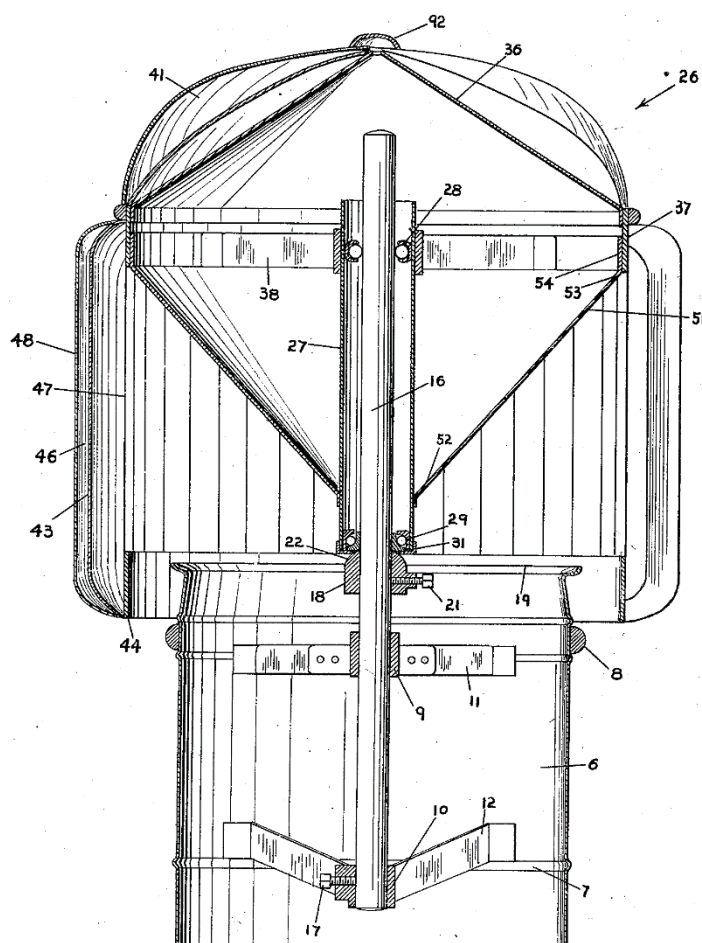
Obr. 4 Odvetranie šachiet bytových domov pomocou ventilačných turbín [5]

2 KONŠTRUKCIA VENTILAČNEJ TURBÍNY

2.1 HISTÓRIA A PATENTY KONŠTRUKCII VENTILAČNÝCH ZARIADENÍ

MEADOWS

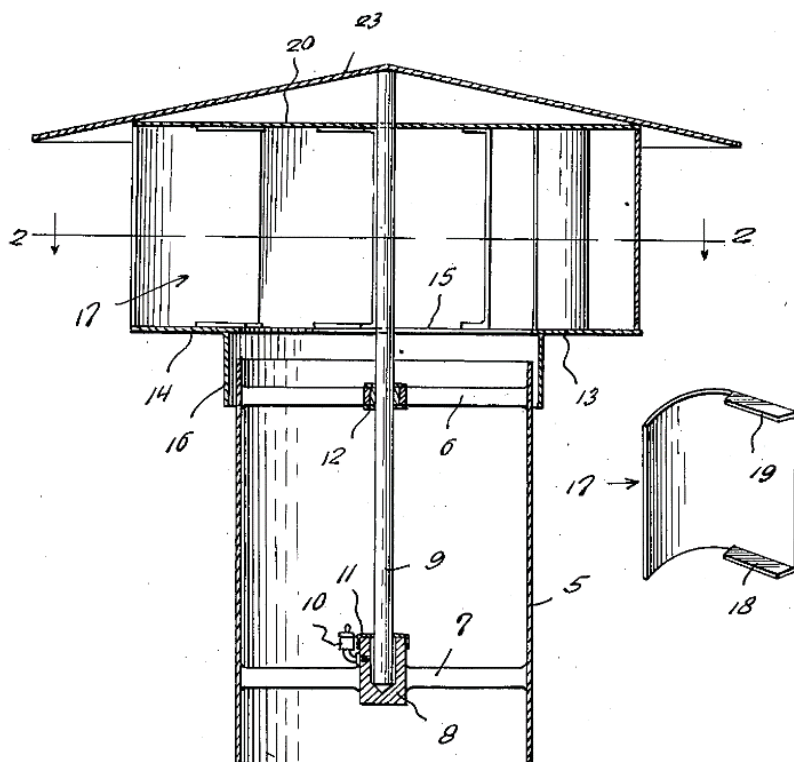
Prvú ventilačnú turbínu, podobajúcu sa na dnešné zariadenia, si v roku 1929 nechal patentovať Meadows (Obr. 5). Základom je hlavica (26) a v jej vnútri rotor, zložený z centrálnej tuby (27), v ktorej sa nachádza dlhá neotočná hriadeľ (16) uložená v dvoch nehrdzavejúcich ložiskách - horné radiálne (28) a spodné axiálne ložisko (29). Spodný koniec hriadele je dolu pevne prichytený dvoma ramenami (12) o steny ventilačnej trubice (6). Rotor je uzavretý v dvoch kónických krytoch (36), (51) s ním pevne spojenými. Na vrchnom kryte sú zhora pevne pripevnené čepele (41) roztáčané vetrom, ktorých tvar je prispôbosený tak, aby bola turbína funkčná pri akomkoľvek smere vetra. Spodný kryt spolu so sériou lopatiek (48) pripevnených k nemu a k spodnej časti hlavice zabezpečujú vytváranie podtlaku vnútri hlavice a odsatie vzduchu. [6]



Obr. 5 Turbína patentovaná Meadowsom [6]

WILSON

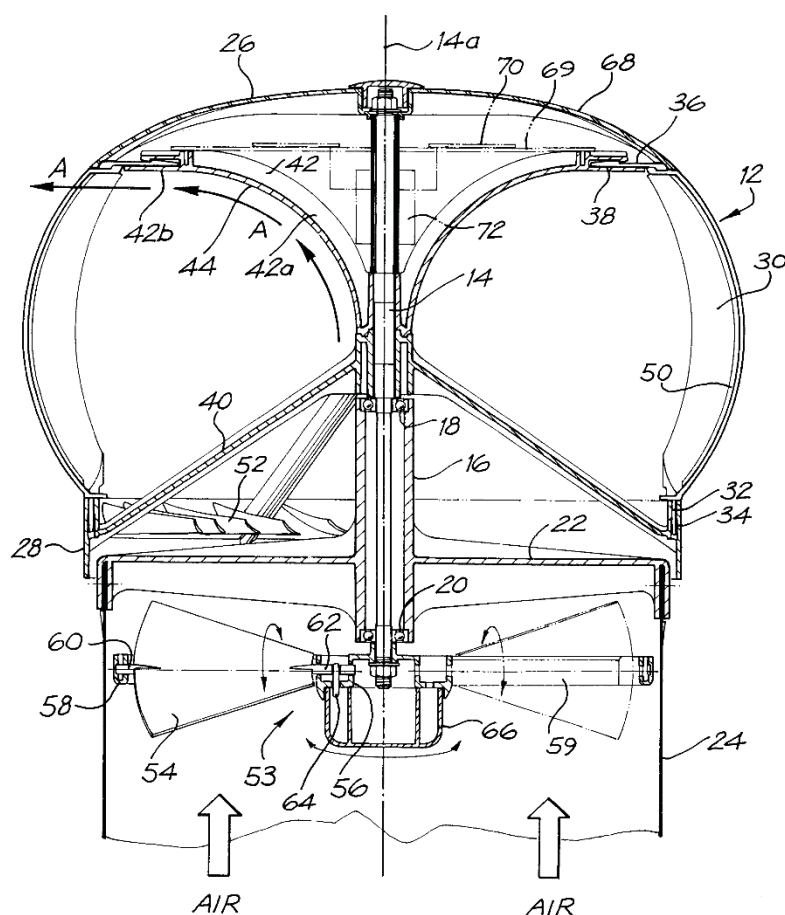
Jednoduchšiu konštrukciu ventilačného zariadenia si nechal patentovať v roku 1949 Wilson (Obr. 6). Jeho hlavným cieľom bolo vytvoriť spoľahlivú, nenákladnú konštrukciu s čo najvyššou účinnosťou. Rotor je tvorený hriadeľom (9) pripevneným o kónický kryt (23) a lopatkami (17) so zakriveným profilom proti vnikaniu vody. Spodný koniec hriadeľa je uložený v dutine (8), v ktorej sa nachádza vhodné mazivo. Dutina, resp. guľôčkové ložisko (12) približne v strede hriadeľa, sú prichytené pomocou ramien (7), resp. (6) o steny ventilačnej trubice (5). [7]



Obr. 6 Patent Wilsona a detail lopatky [7]

ANDREWS

Andrews so snahou zvýšiť výkon ventilačného zariadenia pridal do konštrukcie niekoľko vylepšení a vytvoril tzv. hybridný ventilátor (Obr. 7). Ventilačná hlavica (12) je primontovaná na hriadeľ (14). Hriadeľ je uložený v dvoch ložiskách (20) a (18). Vrchná, vonkajšia časť stropu (26) je vyrobená z transparentného materiálu. Pod ňou sa nachádza polica (69), na ktorej je uložených niekoľko solárnych panelov (70). Na panely je napojený motor (72), ktorý pomáha roztočiť hlavicu za bezvetria. Sériu hlavných lopatiek (30), roztáčaných vetrom, má zaoblený tvar a uchytené sú pomocou horných (44) a dolných (40) ramien na stred turbíny. Ďalšie lopatky (52) sa nachádzajú pod hlavnými lopatkami, a tie sú roztáčané vzduchom prúdiacim vnútri turbíny. Zabezpečujú odsatie vzduchu a zvýšenie efektivity turbíny. Vnútorný strop turbíny (44) je zaoblený, vzduch prúdi pozdĺž neho do vonkajšieho prostredia. Na spodnom konci hriadeľa je uložený ventilátor (53), ktorý odsáva vzduch z hrdla turbíny (24). [8]

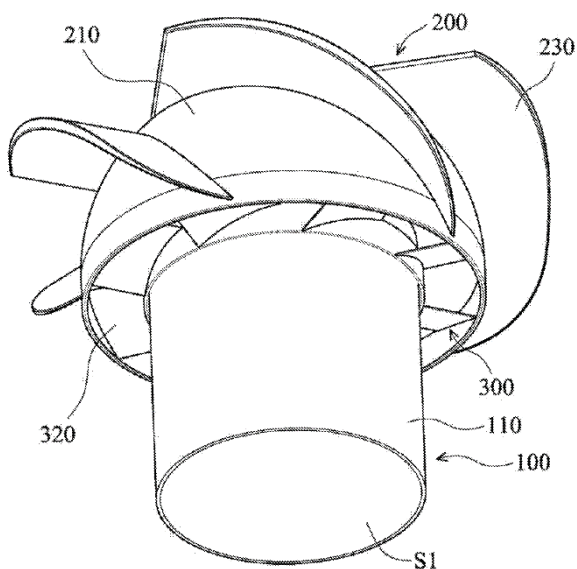


Obr. 7 Turbína patentovaná Andrewsom [8]

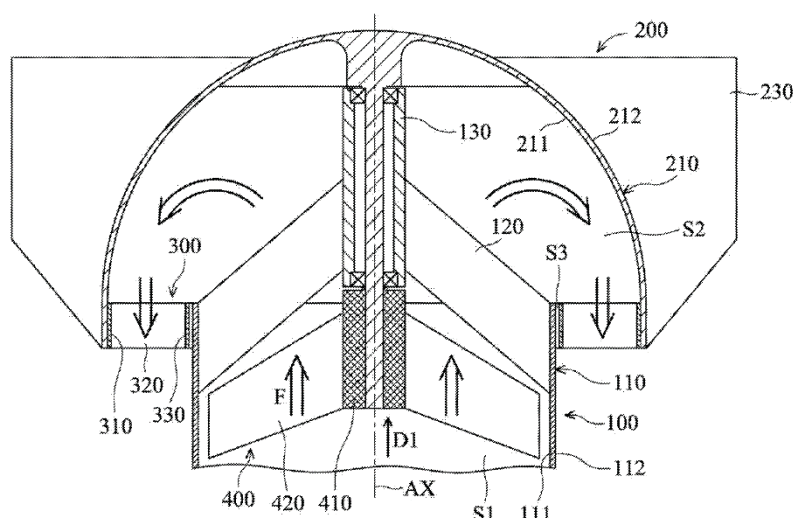
CHANG

Odsávaný vzduch z turbíny nemusí vychádzať von len radiálne, ale aj axiálne. Príkladom je turbína patentovaná Shum-Chen Chang-om (Obr. 8), (Obr. 9). Podstatou je zmena smeru prúdenia vzduchu pri výstupe z turbíny o 180° . Je tvorená veternou turbínou (200) s lopatkami atypického tvaru (230), do ktorých sa opiera vietor. Vnútri sa nachádzajú dva odsávacie ventilátory, ktoré rotujú spolu s ventilačnou turbínou. Prvý z nich (400) sa nachádza ešte v hrdle turbíny, kde urýchľuje rotujúci prúd vzduchu v axiálnom smere. Pomocou náboja (410) je pevne prichytený o centrálnu hriadeľ turbíny, ktorá je uložená v dvoch ložiskách. Vnútro mechanizmu je vystužené niekoľkými ramenami (120). Druhý ventilátor (300) na spodnej hrane veternej turbíny odsáva vzduch z vnútra turbíny do vonkajšieho prostredia. [9]

Táto koncepcia ventilačnej turbíny nie je schopná pracovať pri úplnom bezvetří len na základe komínového efektu. Dôvodom je práve nutnosť zmeny smeru prúdenia vzduchu pri výstupe zo zariadenia.



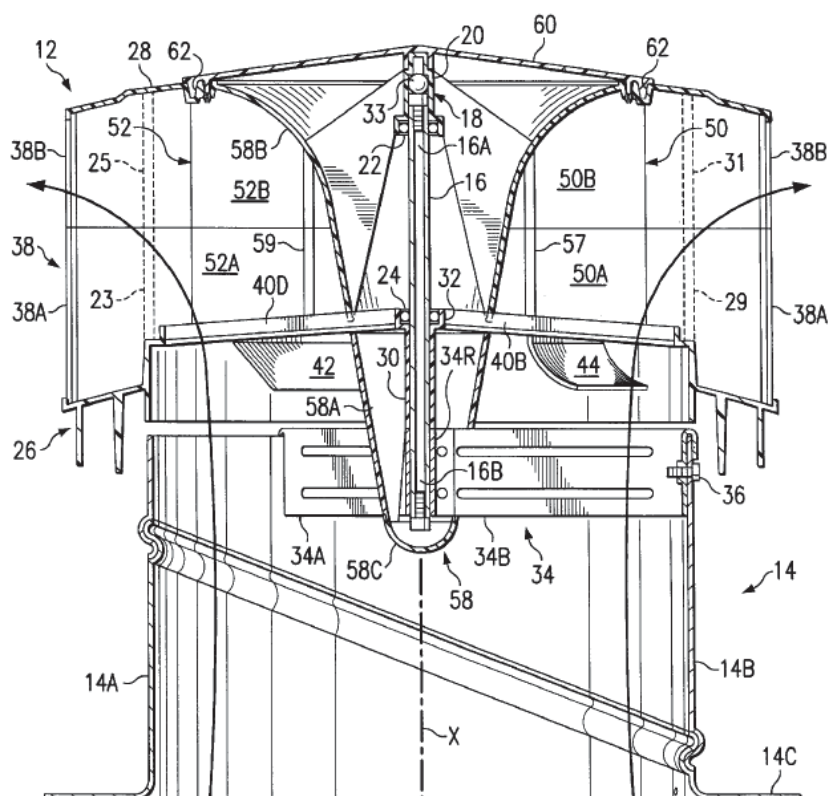
Obr. 8 Pohľad na hlavicu a ventilátor - patent Chang [9]



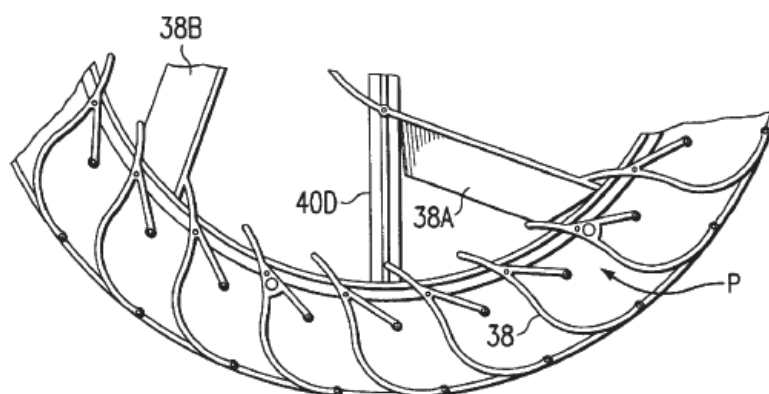
Obr. 9 Rez turbínou a znázornenie prúdenia vzduchu – Chang [9]

CLARK

Zaujímavým prvkom tohto patentu (Obr. 10) je tzv. difúzor kónického tvaru (58) v strede turbíny, ktorého vrchná časť rotuje spolu s hlavicom turbíny a spodná časť je pevne prichytená ramenami a šraubmi o hrdlo turbíny. Vnútri difúzoru sa nachádza hriadeľ (16), uložený v ložiskách (22), (24). Priemer difúzoru sa od spodného konca hriadeľa, teda v smere prúdenia vzduchu, postupne zväčšuje. Vďaka tomu sa bude rýchlosť prúdenia odsávaného vzduchu zvyšovať, a teda tlak znižovať. Tento jav sa nazýva Venturiho efekt. Podtlak pomáha vytvárať aj séria lopatiek (44), umiestnených v spodnej časti hlavice. Ďalšie lopatky (38) po obvode hlavice vďaka vetru roztáčajú celú turbínu (Obr. 11). [10]



Obr. 10 Rez turbínou, patent Clark, 2003 [10]



Obr. 11 Detail lopatiek na vonkajšom obvode hlavice [10]



2.2 SÚČASNÉ TRENDY VENTILAČNÝCH TURBÍN

Od roku 1929 vzniklo množstvo ďalších patentov turbín s rozličnými konštrukčnými riešeniami. Hlavným cieľom bolo vždy dosiahnutie maximálnej účinnosti odsávania vzduchu. Konštrukcia si však vyžadovala jednoduchosť, aby bolo možné zaviesť sériovú výrobu. Zároveň musela byť ľahká, aby sa roztočila už pri jemnom vánku a pevná, aby nedošlo k poškodeniu silným vetrom.

Nasledujúce konštrukcie sú najjednoduchšie a najlacnejšie na výrobu, vykazujú dobrú účinnosť odsávania vzduchu a preto sú obľúbené medzi užívateľmi a inštalované v čoraz viac krajinách.

2.2.1 SAMOČINNÉ VENTILAČNÉ TURBÍNY

Turbíny sa označujú ako samočinné, pokiaľ vo svojej konštrukcii nemajú prvky závislé na elektrickej energii. Sú najjednoduchšie a najlacnejšie na kúpu aj prevádzku, avšak v určitých podmienkach môže byť ich výkon nedostačujúci, napríklad pri bezvetrí.

Základným materiálom je väčšinou hliník, na trhu sú aj turbíny z UV stabilizovaného farebného alebo čierneho plastu. Konštrukcia je čo najviac odľahčená a spevnená, aby zaisťovala citlivú reakciu už na malý vietor a súčasne aby nezaťažovala ložiská, čo priaznivo ovplyvní životnosť.

Časti ventilačnej turbíny sú znázornené na obrázku (Obr. 12). Hlavným pracovným prvkom celej turbíny je **rotačná hlavica** (1). Je zložená zo spevnených, špeciálne tvarovaných lopatiek a dvoch špeciálnych ložísk. Hlavnou funkciou hlavice je vytváranie podtlaku a trvalé odsávanie vzduchu z priestoru pod ňou. Špeciálne tvarované **lopatky** (2) s aerodynamickým tvarom vytvárajú opernú plochu pre vietor a umožňujú získať krútiaci moment. Kvalitné **ložiská** (3) umožňujú voľnú rotáciu hlavice na hriadeľi pri nízkom odpore. Firma Lomanco vlastní patent na špeciálne samomazacie guľôčkové ložiská z polyméru (teflónu) vyrobené z vysokou presnosťou, zaručujúce tichý chod a vysokú trvanlivosť (Obr. 13). **Nosná konštrukcia** turbíny (4) je zložená z niekoľkých ramien, ktoré spevňujú turbínu a zaisťujú odolnosť proti vysokému nárazovému vetru. Firma Edmonds využíva pri niektorých typoch turbín nosný rám z pružného materiálu ABS, ktorý zabraňuje deformácii turbíny bočným vetrom (Obr. 14). **Nastaviteľný kĺb** (5) je dôležitý pri montáži turbíny na šikmú strechu a zaisťuje rovnomerné zaťaženie oboch ložísk. Je uhlovo nastaviteľný v medziach 0 - 45°. **Univerzálna základňa** (6) zaisťuje napojenie na krytinu strechy. [11]



Obr. 12 Konštrukcia turbíny Lomanco [11]



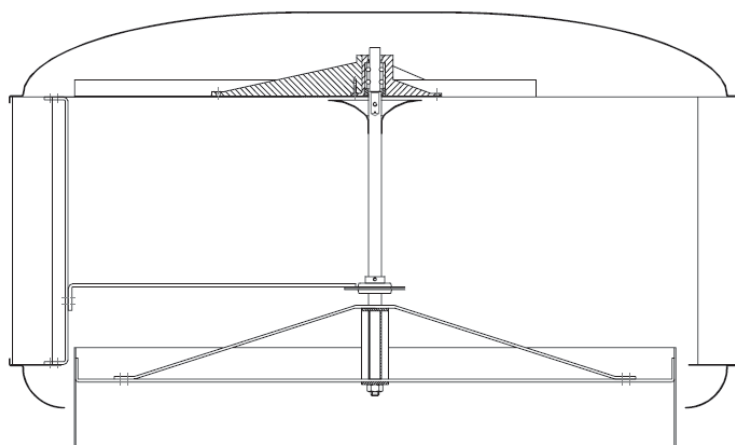
Obr. 13 Patentované ložisko firmy Lomanco [12]

Existuje množstvo ďalších typov konštrukcie a vzhľadov ventilačných turbín ako boli zmienené. Konštrukcia býva však podobná a v princípe sa odlišujú v tvare a veľkosti hlavice, lopatiek a priemere hrdla, čo zapríčiňuje rozdielne výkony a účinnosti.

Vyššie výkony pri odsávaní dosahujú vďaka svojej konštrukcii turbíny s valcovitou hlaviceou a rovnými lopatkami (Obr. 15). Tento typ zariadení využíva najmä spoločnosť Edmonds pri svojom type turbíny Hurricane (viď kap. 3.1.6).



Obr. 14 Ventilačná hlavica Edmonds Windmaster 300 a detail uloženia ložiska [13]



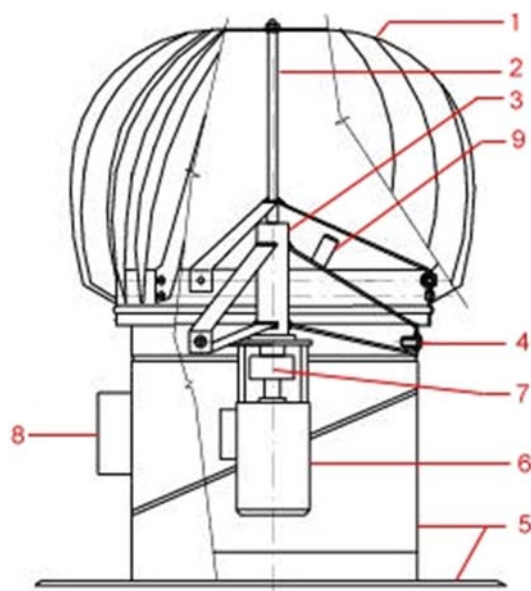
Obr. 15 Ventilačná hlavica valcovitého tvaru – patent Edmonds [14]



2.2.2 HYBRIDNÉ VENTILAČNÉ TURBÍNY

Pod týmto názvom sú označované ventilačné turbíny, ktoré sú poháňané nielen veternou energiou, ale aj elektrickou energiou. Tá môže byť dodávaná priamo zo siete (kap. 3.1.7) alebo napr. získaná zo slnečnej energie prostredníctvom fotovoltaických panelov (kap. 3.2.4). Motor pomáha roztočiť turbínu pri slabom vetre a zamedzuje tzv. nulovým výkonom. Práca motoru je potrebná najmä v letnom období, kedy sa vzduch pohybuje minimálne.

Konštrukcia hybridnej ventilačnej turbíny je znázornená na obrázku (Obr. 16). **Hlavica** (1) je vyrobená z hliníkových zliatin a je spojená s **rotorom** (2), ktorý je uložený v dvoch ložiskách SKF v **statore** (3). Stator je pripevnený pomocou ramien troma **šróbami** (4) k hliníkovej **základni** (5), nastaviteľnej podľa uhlu strechy. **Elektromotor** (6) prostredníctvom jednosmernej **spojky** (7) začne poháňať hlavicu ventilátoru pokiaľ jej otáčky nedosahujú prednastavených hodnôt. Chod ventilátoru je riadený **elektronickou jednotkou** (8) na základe nastavenia a merania otáčok **snímačom** (9), ktorý uskutočňuje v pravidelných intervaloch niekoľkosekundové merania. V prípade, že vietor náhle zosilnie, elektromotor sa samostatne vyradí z činnosti a rotačná hlavica sa otáča len vplyvom sily prúdenia vzduchu. [15]



Obr. 16 Hybridná ventilačná turbína firmy H-Tech group [15]



Obr. 17 Ukážka použitia hybridných ventilačných turbín [16]



3 VÝROBCOVIA A TYPY VENTILAČNÝCH TURBÍN

3.1 EDMONDS

Spoločnosť Edmonds ponúka rezidenčné turbíny Supavent 250, Turboventura 150, Sewervent 150 a Windmaster 300, ktoré sú atestované na rýchlosť vetra $205,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Najvýkonnejšia priemyselná turbína Hurricane je atestovaná na rýchlosť vetra až $240 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Okrem toho má v ponuke hybridné turbíny Ecopower a množstvo ďalšieho príslušenstva.

3.1.1 SUPAVENT 250

Turbíny tohto typu sú vyrobené z vysokoodolného plastu s UV filtrom, čo im zaručuje nízku váhu (895 g) a stabilný, bezproblémový chod. Vyrábajú sa len s priemerom sacieho hrdla 250 mm, preto sú vhodné najmä pre rodinné domy. Využívajú sa na vetranie a znižovanie tepelnej záťaže atických priestorov, šachiet, komerčných objektov, skladov atď.

V ponuke je niekoľko farebných odtieňov a doplnkov ako napr. regulovateľné uzavierateľné prvky a anemostaty. [17]

Tab. 1 Sací výkon turbíny SupaVent 250 [18]

Rýchlosť vetra	Množstvo odsátého vzduchu
$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
3,4	95,9
5,4	231,0
7,0	314,4
8,2	351,2
9,1	414,9
10,1	452,7



Obr. 18 Použitie a detail turbíny SupaVent 250 [17]



3.1.2 TURBOVENTURA 150

Turbína s podobnou konštrukciou ako SupaVent 250, použitý je taktiež vysokoodolný plast s UV filtrom. Rozdiel je v priemere sacieho hrdla turbíny – len 150 mm. Celková váha turbíny je len 700 g. Preto sa používa na vetranie malých priestorov ako kúpeľňa, WC, garáž, pivnica atď. K dispozícii sú rôzne farebné prevedenia. [19]

Tab. 2 Sací výkon turbíny TurboVentura 150, SewerVent 150 [21]

Rýchlosť vetru [m·s ⁻¹]	Množstvo odsatého vzduchu [m ³ ·h ⁻¹]
3,3	50,3
5,2	93,8
6,8	142,0
8,2	181,8
9,0	204,1
10,1	248,0



Obr. 19 Použitie a detail hlavice TurboVentura 150 [19], [20]

3.1.3 SEWERVENT 150

Turbína je typovo, veľkostne aj výkonnostne rovnaká s TurboVenturou 150. Avšak je k dispozícii len svetlošedé farebné prevedenie, pretože sa používa na odvetranie kanalizačných výparov, chemických WC, čističiek odpadových vôd a vodných rezervoárov s chlórými výparmi, kotolní atď., kde by mohlo dôjsť k popraskaniu farby. [22]



Obr. 20 Hlavica SewerVent 150 [22]



3.1.4 WINDMASTER 300

Tento typ turbíny je vyrobený z pevného a ľahkého námorného hliníku v kombinácii s odolným nosným rámom z ABS. Pružný materiál ABS zabraňuje deformácii turbíny pri bočných nárazoch vetru. Vyrába sa len s jedným priemerom nasávacieho otvoru 300 mm.

K výhodám patrí ľahký prístup k ložiskám a ich jednoduchá výmena majiteľom turbíny. Kopula turbíny je špeciálne vystužená, aby poskytovala vyššiu odolnosť proti krupobitiu.

Použitie pre odvetrávanie obytných priestorov, domov, garáže, skladov atď. Možnosť výberu farebného prevedenia a množstva príslušenstva (regulácie, potrubia, sacie mriežky atď.). [23]

Tab. 3 Sací výkon turbíny WindMaster 300 [24]

Rýchlosť vetra [m·s ⁻¹]	Množstvo odsatého vzduchu [m ³ ·h ⁻¹]
2,1	142,9
3,7	237,0
6,3	556,3
8,1	713,6
8,9	792,6
10,1	865,4



Obr. 21 Aplikácia turbíny WindMaster 300 [25]



3.1.5 TURBOBEAM

Turbína, ktorá zaisťuje ventiláciu a zároveň slúži ako zdroj svetla pre podkrovné priestory. Nastaviteľné kĺbové hrdlo je vyrobené zo špeciálneho hliníku a v jeho vnútri sa nachádza UV zrkadlo s odrazivosťou 98 %, ktoré zabezpečuje prenos denného svetla do atického priestoru. Vertikálny dizajn lopatiek zvyšuje účinnosť pri odstraňovaní tepelnej záťaže podkrovných priestorov. Priemer hrdla turbíny je 250 mm a sací výkon je rovnaký ako u turbíny SupaVent 250. [26]

Tab. 4 Sací výkon turbíny TurboBeam [18]

Rýchlosť vetra [m·s ⁻¹]	Množstvo odsatého vzduchu [m ³ ·h ⁻¹]
3,4	95,9
5,4	231,0
7,0	314,4
8,2	351,2
9,1	414,9
10,1	452,7



Obr. 22 Ventilačná hlavica TurboBeam [26]

3.1.6 HURRICANE

Táto turbína dosahuje oproti predchádzajúcim vyššie výkony pri odsávaní vzduchu. Je to spôsobené rozdielnym tvarom lopatiek, ktoré majú väčšiu opernú plochu pre vietor. Dosahujú až trojnásobný výkon oproti klasickým „cibuľovým“ turbínam (atestované v ČR). Turbíny majú exponenciálne sanie a platí, že pri priemere hrdla 900 mm sa turbína chová ako štyri hlavice s priemerom 400 mm.

Vyznačuje sa vysokým dobehom a vysokou odolnosťou voči agresívnemu prostrediu, je vyrobená z námorného hliníku. Pre obtiažne podmienky s potrebou chemickej odolnosti sa turbíny vyrábajú v titánovom prevedení. [27]



Používa sa pri vetraní veľkých objektov – priemyselných, športových, skladovacích hál, šachiet atď. Aby turbíny pracovali s maximálnou efektívnosťou, je nutné dodržať, aby rozteč medzi nimi bola 5 m alebo bližšia. [27]

Tab. 5 Sacia kapacita turbíny Hurricane v závislosti na priemere hrdla (tabuľka zo zdroja mala saciu kapacitu v jednotkách $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$, hodnoty boli prepočítané na $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$). [28]

Priemer hrdla turbíny [mm]	Sacia kapacita turbíny [$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$]		
	Vietor $1,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	Vietor $3,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	Vietor $4,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
H 100	50,4	118,8	151,2
H 150	396	781,2	997,2
H 300	972	1728	2232
H 400	1332	2268	2880
H 450	1728	2844	3564
H 500	1944	3240	4464
H 600	2232	3974,4	5112
H 700	3398,4	5868	7524
H 800	4438,8	7671,6	9828
H 900	5616	9720	12456



Obr. 23 Ventilačné hlavice typu Hurricane [29]



3.1.7 Eco POWER

Spojením samočinnej ventilačnej turbíny a elektronicky komutovaného (EC) motoru inštalovaného v hlavici ventilátora je možné dosiahnuť potrebný výkon pri nedostatočnej sile vetra. Motor môže byť naprogramovaný tak, aby sa spúšťal automaticky po dosiahnutí kritickej hranice teploty, vlhkosti alebo môže byť ovládaný manuálne. V hrdle turbíny sa nenachádza žiadny axiálny ventilátor z dôvodu zníženia spotreby energie minimalizáciou vzdušného trenia.

Používa sa na vetranie hál, viac poschodových budov, tovární, skladov atď. [30]



Obr. 24 Edmonds EcoPower – hybridný ventilátor [30]

Najsilnejší EC motor s výkonom 240 W pre najväčšiu turbínu so značením EC900 je schopný odsáť až $10\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ vzduchu.

3.2 LOMANCO

Spoločnosť Lomanco vyrába turbíny s názvom Whirlybird. Sú dostupné v troch veľkostiach priemeru hrdla – 203 mm, 305 mm a 356 mm. K dispozícii sú dve prevedenia s vnútorným alebo vnútorným aj vonkajším vystužením pre náročnejšie podmienky. Základným konštrukčným materiálom je hliník. [31]

V závislosti na veľkosti nájdú použitie pri odvetrávaní strešných plášťov, šachiet bytových domov, administratívnych objektov, poľnohospodárskych objektov a pod.

Všetky Lomanco turbíny sú konštruované na maximálnu rýchlosť vetru $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. [32]

3.2.1 MODEL IB-8

Najmenšia ponúkaná turbína s priemerom hrdla 203 mm (Obr. 26). Použitie na pravidelné odsávanie vzduchu zo šachiet alebo menších priestorov. [33]



Tab. 6 Sacia kapacita turbíny Lomanco IB-8 v závislosti na rýchlosti vetra [32]

Rýchlosť vetra [m·s ⁻¹]	Množstvo odsatého vzduchu [m ³ ·h ⁻¹]
1,9	112,7
2,9	146,4
4,1	183,7
5,2	228,6
6,1	260,2
7,1	289,8
8,5	334,0
9,0	353,7
10,9	426,1

3.2.2 MODEL BIB 12

Turbína s priemerom hrdla 305 mm s označením BIB 12, resp. TIB 12 (len hlavica bez príslušenstva). Používa sa na odvetranie atického priestoru rodinných domov (Obr. 25). [33]

Tab. 7 Sacia kapacita turbíny Lomanco BIB 12 v závislosti na rýchlosti vetra [32]

Rýchlosť vetra [m·s ⁻¹]	Množstvo odsatého vzduchu [m ³ ·h ⁻¹]
2,1	229,8
3,0	323,9
3,9	384,8
4,8	448,0
6,1	601,4
7,3	778,4
8,0	855,9
8,8	944,4
10,3	1060,6



Obr. 25 Turbína Lomanco BIB 12 [31]



Obr. 26 Lomanco IB-8 [31]



3.2.3 MODEL BIB 14

Najväčšie turbíny s označením BIB 14 resp. TIB 14 (predáva sa len hlavica bez príslušenstva) majú priemer sacieho hrdla 356 mm.

Používajú sa najmä u bytových domov a rodinných domov. Pre odvetranie 8 a viac poschodového obytného domu je nutné použiť na jednu šachtu rozdvojku a dve turbíny modelu BIB 14, pretože tu nie je dostatočný komínový ťah a spodné poschodia by sa nevetrali (Obr. 28). [33]

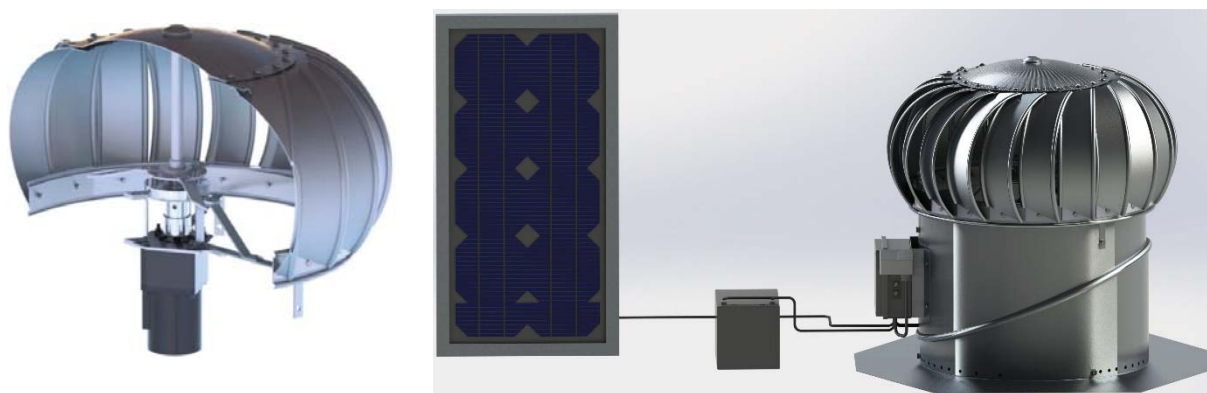
Tab. 8 Sacia kapacita turbíny Lomanco BIB 14 v závislosti na rýchlosti vetra [32]

Rýchlosť vetra [m·s ⁻¹]	Množstvo odsatého vzduchu [m ³ ·h ⁻¹]
2,0	268,7
3,1	372,0
3,9	440,9
5,2	609,8
6,1	733,5
7,3	894,9
8,4	971,3
9,2	1068,1
10,2	1156,3

3.2.4 ENERGO

Zvýšenie výkonu turbíny pri nulovom odbere elektrickej energie zo siete je možné dosiahnuť využitím slnecnej energie. Pomocný ventilátor s prevodovkou vnútri turbíny je napojený na fotovoltaiický panel, ktorý zabezpečí dobíjanie batérie. Systém prinesie zvýšenie sacieho výkonu a úsporu energie najmä pri slabom vetre.

K tomuto účelu sa používa najvýkonnejšia turbína modelu BIB 14 (Obr. 27). [34]



Obr. 27 Hybridná ventilačná turbína Lomanco ENERGO [34], [35]



Obr. 28 Ukážka odvetrávania šachty bytového domu turbínou BIB 14 [5]

3.3 VYTOZ-EKO

Spoločnosť ponúka ventilačné turbíny typu ZLT s označením VIV v štyroch veľkostiach. Konštrukcia je hliníková, veľmi podobná s hlavicom firmy Lomanco. Používa sa na odvetranie šachiet, priemyselných objektov, rodinných domov atď. Nie sú vhodné pre veľmi prašné a agresívne prostredie. Na stránkach výrobcu je k dispozícii príslušenstvo ako elektrický ventilátor, elektromechanická alebo mechanická klapka. [36]

Tab. 9 Sacia kapacita turbín VYTOZ-EKO v závislosti na rýchlosti vetra [36]

Označenie turbíny [mm]	Sacia kapacita turbíny [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]		
	Vietor $2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	Vietor $4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	Vietor $10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
VIV 12/300	63	175	740
VIV 14/355	180	400	1150
VIV 16/400	112	407	1485
VIV 20/500	230	698	2380



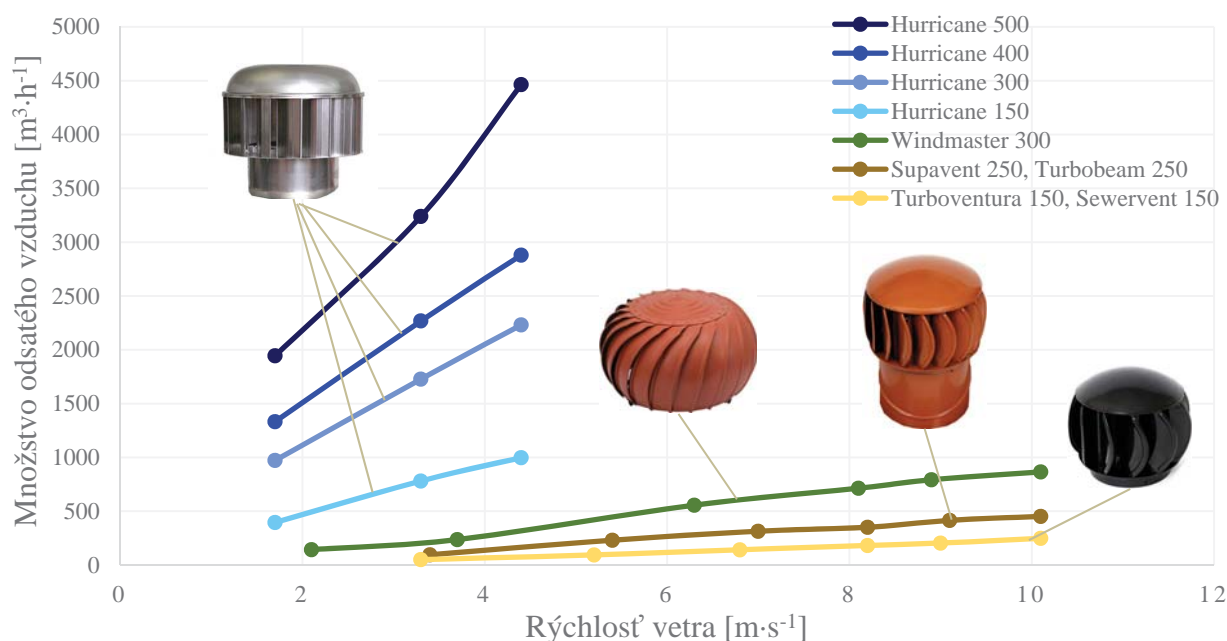
Obr. 29 Ukážka aplikácie ventilačných turbín VYTOZ-EKO [36]



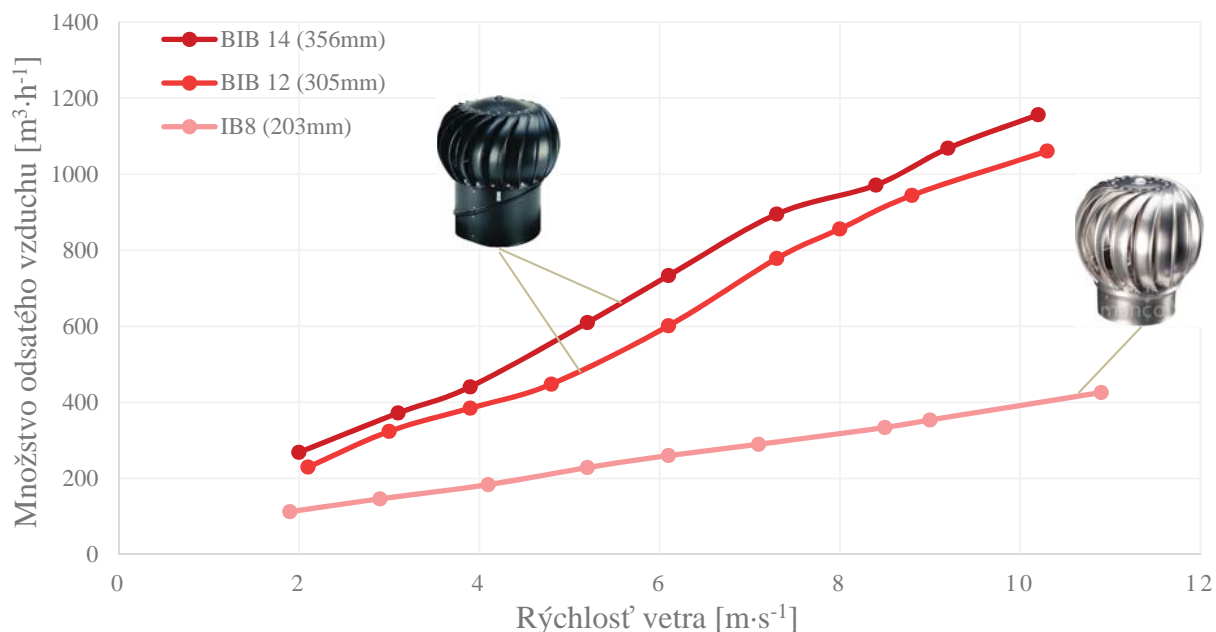
4 GRAFICKÉ POROVNANIE SACÍCH VÝKONNOSTÍ

Zahŕňa ventilačné turbíny Edmonds (Supavent 250, Turbobeam 250, Turboventura 150, Sewervent 150, Windmaster 300, Hurricane H150, H300, H400, H500), ventilačné turbíny Lomanco (IB 8, BIB 12, BIB 14) a turbíny VYTOZ-EKO ZLT (VIV 12/300, VIV 14/355, VIV 16/400, VIV 20/500). Porovnávané sú turbíny rovnakého výrobcu a turbíny s rovnakým alebo podobným priemerom hrdla.

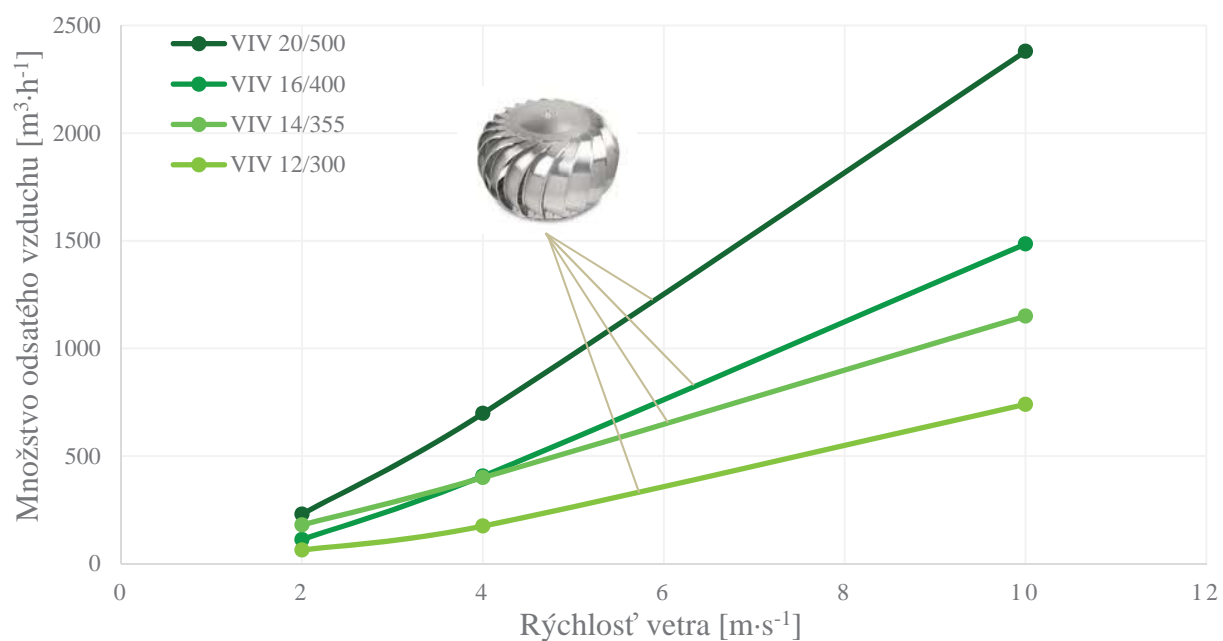
Všetky hodnoty boli získané z domovských stránok výrobcov, resp. zo stránok Slovenského, resp. Českého dodávateľa turbín. Skúšky turbín Edmonds boli vykonané v akreditovanom laboratóriu VVUÚ, A.S., Ostrava-Radvance.



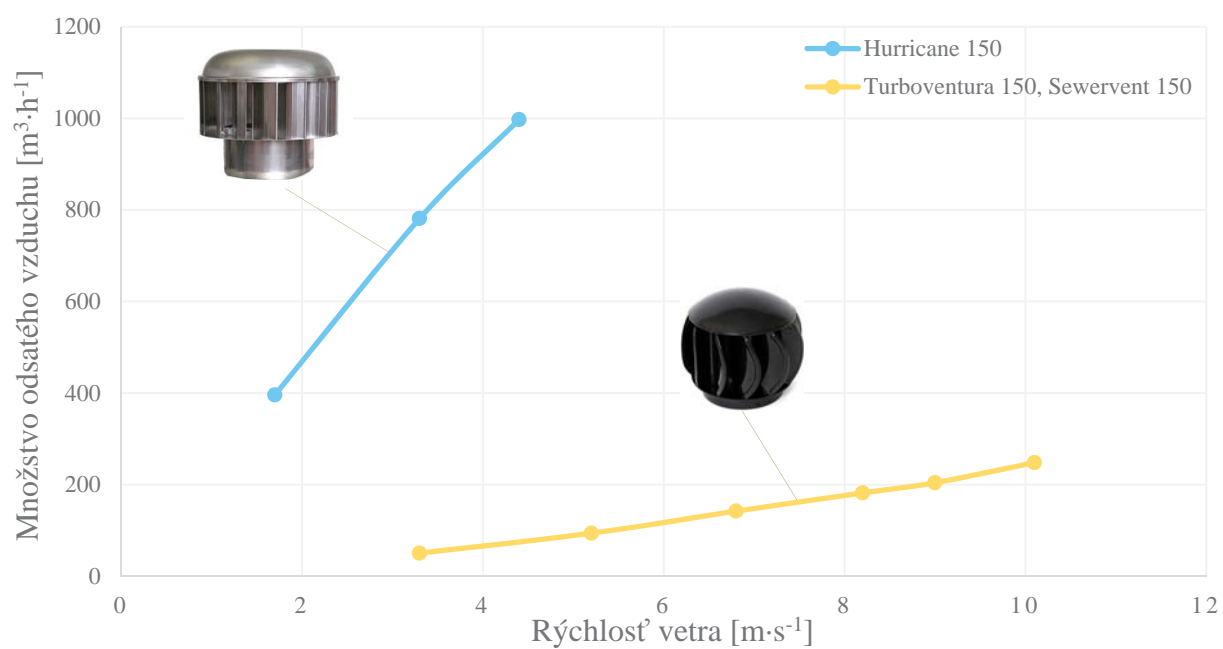
Obr. 30 Výkonnostné charakteristiky ventiláčnych turbín výrobcu Edmonds



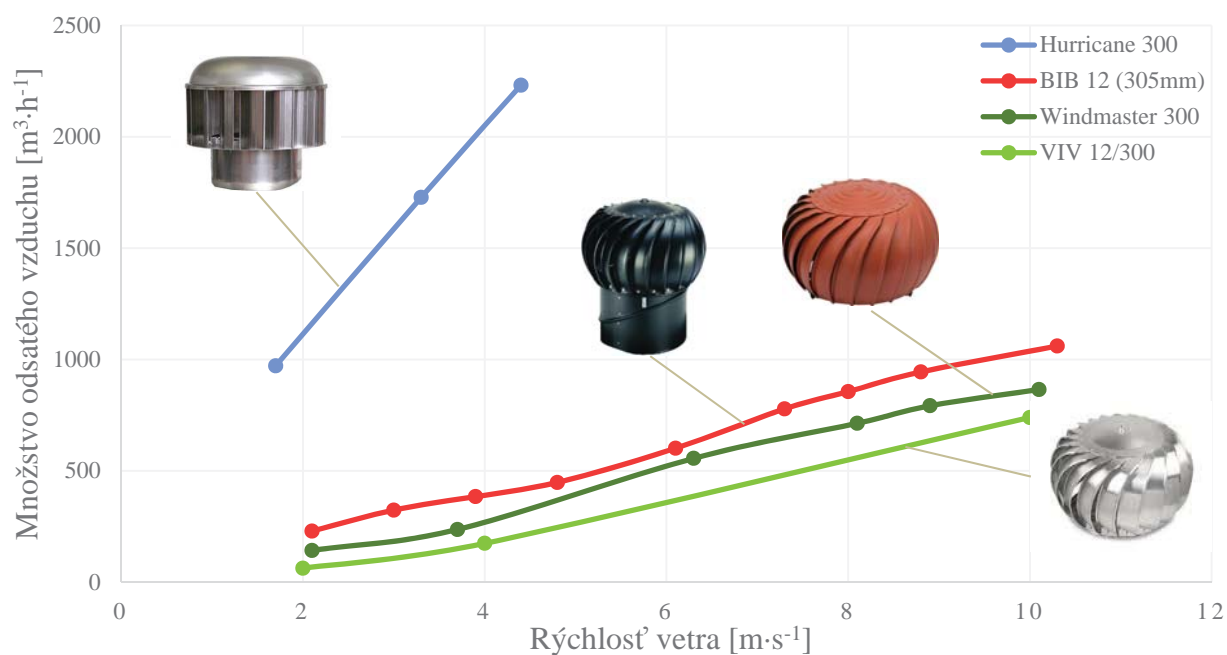
Obr. 31 Výkonnostné charakteristiky ventiláčnych turbín výrobcu Lomanco



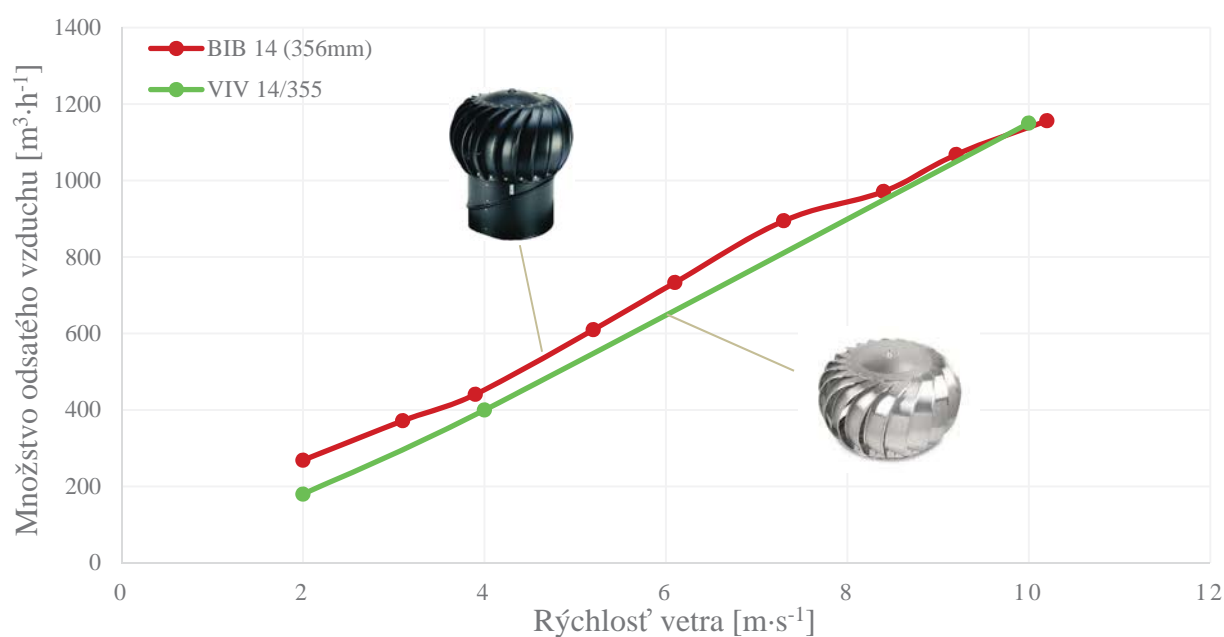
Obr. 32 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín výrobcu VYTOZ-EKO



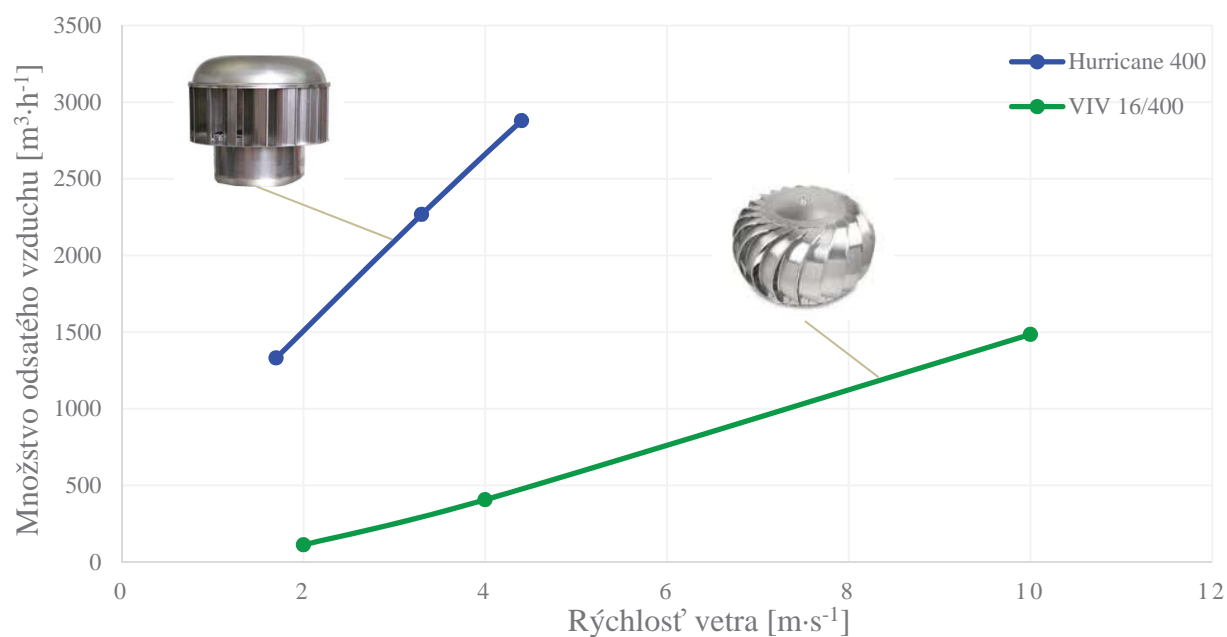
Obr. 33 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 150 mm



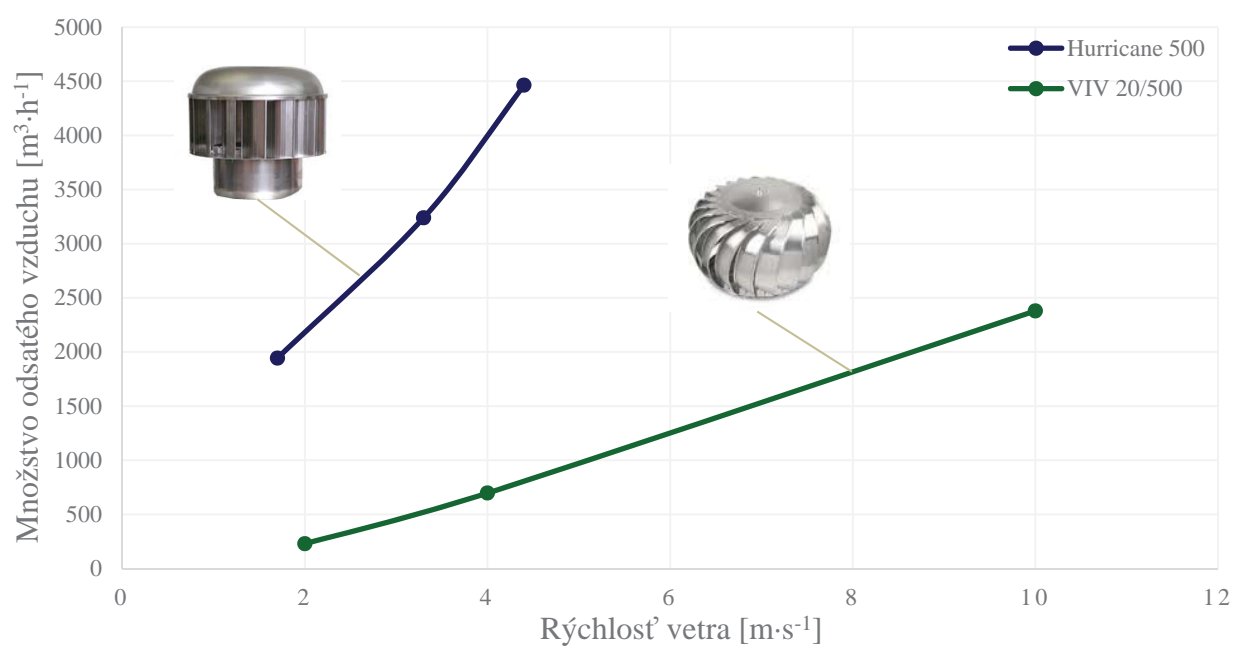
Obr. 34 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 300 mm , resp. 305 mm



Obr. 35 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 355 mm , resp. 356 mm



Obr. 36 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 400 mm



Obr. 37 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 500 mm



5 NÁVRHY ZVÝŠENIA VÝKONU VENTILAČNÝCH TURBÍN

Z teoretických poznatkov a grafických závislostí je zrejmé, že výkon turbíny rastie so zväčšujúcim sa priemerom sacieho hrdla a súčasne aj s veľkosťou hlavice. Tvar hlavice, tvar lopatiek, výška lopatiek a prídavné prvky, napr. axiálny ventilátor, majú taktiež výrazný vplyv. V tejto kapitole je vypracovaných niekoľko možných spôsobov konštrukcie ventilačného zariadenia s cieľom zvýšiť množstvo odsávaného vzduchu. Všetky modely boli vytvorené v programe Solidworks a použitý bol model najvýkonnejšej ventilačnej turbíny z komerčne dostupných – Edmonds Hurricane. [39]

VARIANTA A

Ďalšie zvýšenie výkonu je možné dosiahnuť pridaním série lopatiek po vonkajšom obvode turbíny. Koncept vychádza zo Savoniho veternej turbíny (Obr. 43), ktorej hnacou silou je odpor vzduchu. Skladá sa z niekoľkých dutých polvalcov umiestnených na hriadieli, ktoré tvoria rotor. Väčšinou sa tieto typy turbín používajú k výrobe elektrickej energie, avšak s nie príliš vysokou účinnosťou. V našom prípade sa použije k zvýšeniu otáčok ventilačnej hlavice. [37]

Na vhodne prispôbený plechový valec turbíny sú pripevnené niekoľkými nitmi zahnuté lopatky, tzv. „ríny“ (Obr. 38). Z dôvodu zníženia hmotnosti je valec skrátený a približne polovica výšky lopatky prečnieva. Plechy sú hliníkové, s hrúbkou 1 mm. Kvôli zvýšeniu tuhosti lopatky a odolnosti voči sile vetru, je na nej prelisovaných niekoľko lemov. Pod plechový valec je možné pripevniť ventilátor s vhodne tvarovanými lopatkami, ktorý pomôže vytvoriť podtlak vnútri turbíny a tým pádom ešte viac zvýšiť odsávanie vzduchu (Obr. 39).

Presný tvar a počet lopatiek by bolo nutné zistiť obtiažne prevediteľnou simuláciou. Ekonomicky a aj časovo nevýhodnejšou možnosťou je vyrobiť plechový valec a lopatky v niekoľkých veľkostiach a manuálne zisťovať ktorá kombinácia je pre dané rýchlosti vetra najvhodnejšia.



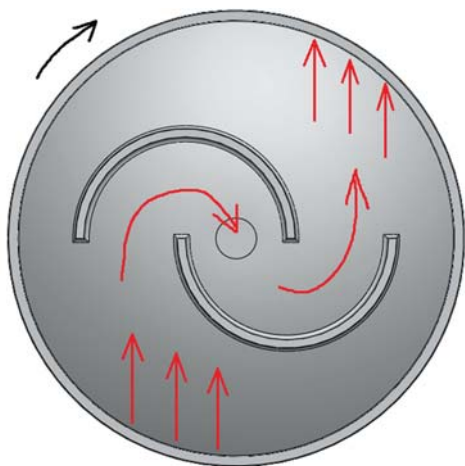
Obr. 38 Lopatky s priemerom 70mm na plechovom valci - Solidworks model



Obr. 39 Druhý návrh varianty A s ventilátorom (vyznačený žltou) – Solidworks model

VARIANTA B

Na vrchnej strieške ventilačnej hlavice vzniká miesto, kde by bolo možné umiestniť ďalšiu sériu lopatiek. Rotácii hlavice by napomáhal rotor s dvoma lopatkami natočenými od seba o 180° . Je to v podstate ďalší typ, resp. konštrukčné usporiadanie lopatiek Savoniovej turbíny. Vzduch by prúdil pomedzi lopatky a zároveň by sa do nich opieral, čo by mohlo mať pozitívny vplyv na zvýšenie otáčok turbíny. Lopatky by mohli byť privarené, prinitované, alebo inak upevnené na správne tvarovaný vrchný kryt (tak, aby na ňom a medzi lopatkami nestála prípadná dažďová voda). Celý rotor je schovaný v ďalšom kryte. Vymodelované boli dva návrhy – s lopatkami do tvaru „C“ (Obr. 40) a s lopatkami do tvaru „L“ (Obr. 41). Výsledný model s lopatkami do tvaru „C“ je na obrázku (Obr. 42).



Obr. 40 Lopatky do tvaru "C" a znázornenie prúdenia vzduchu



Obr. 41 Lopatky do tvaru "L"



Obr. 42 Návrh varianty B s lopatkami do tvaru "C"
- Solidworks model

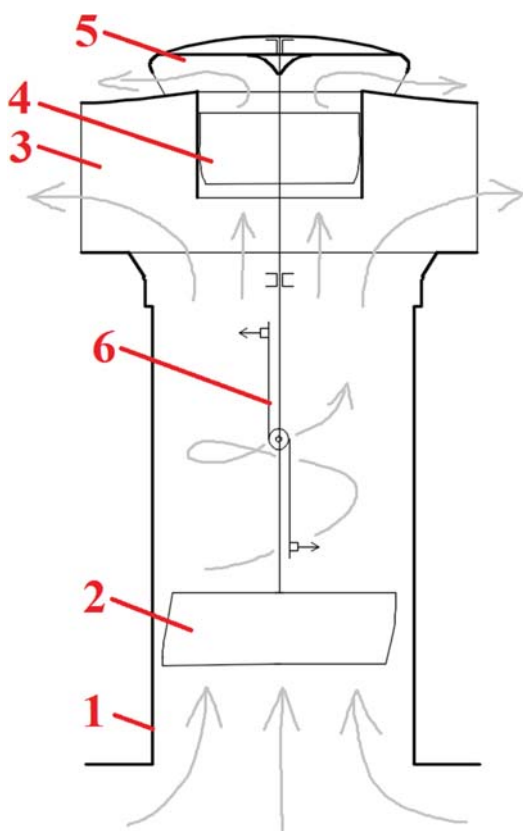


Obr. 43 Ukážka použitia Savoniovej turbíny [37]



VARIANTA C

Umiestnením jedného, resp. dvoch axiálnych ventilátorov do vnútra ventilačnej turbíny by mohlo mať za následok zvýšenie množstva odsávaného vzduchu (Obr. 44) a (Obr. 45). Ohriaty vzduch prúdi z vnútorných priestorov do sacieho potrubia (1). Narazí na prvý ventilátor (2), ktorý vzduch rozrotuje a vznikne turbulentné prúdenie s podtlakom. Časť vzduchu sa dostáva do vonkajšieho prostredia pomedzi lopatky ventilačnej hlavice (3) a časť pokračuje nahor, kde by u komerčného typu turbíny narazila na vnútornú časť strechy. V tomto prípade mu je do cesty postavený ďalší axiálny ventilátor (4), nachádzajúci sa v plechovom valci. Tento ventilátor taktiež pomáha vytvárať podtlak a odsávať vzduch do vonkajšieho prostredia popri vrchnej časti strišky (5). Pri silnom vetre je možné množstvo vzduchu regulovať pomocou regulačnej polklopky, resp. štvrt'klopky (6) (kap.6).



Obr. 44 Schematické znázornenie turbíny varianty „C“ a prúdenie vzduchu



Obr. 45 Rez turbínou varianty „C“ – Solidworks model

6 REGULÁCIA MNOŽSTVA ODSÁVANÉHO VZDUCHU

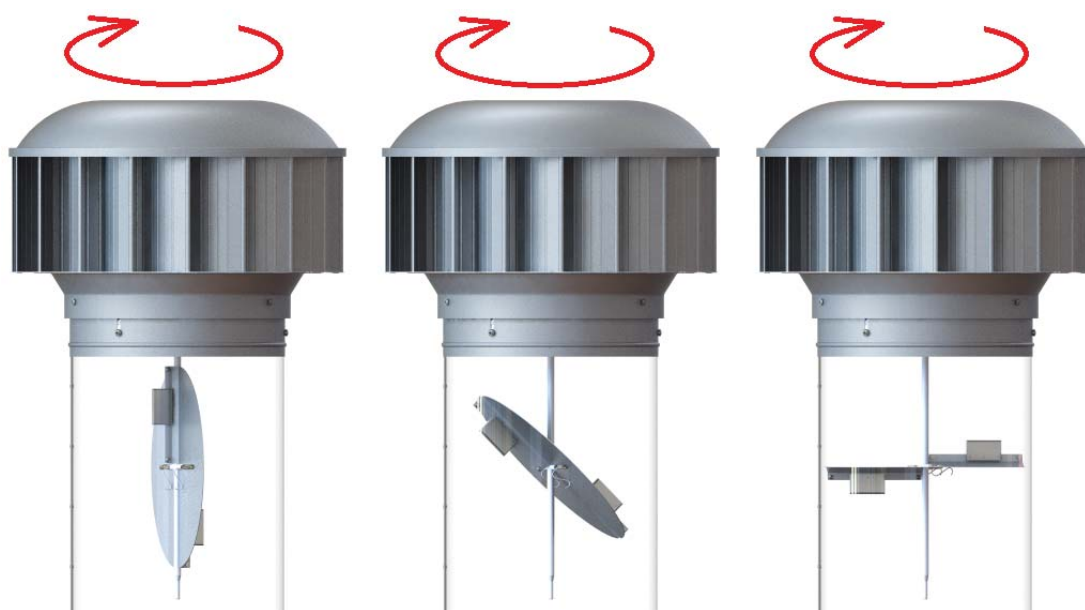
Zo zvyšujúcou sa silou vetru rastie množstvo odsávaného vzduchu z vnútorných priestorov. Aby sa zabránilo vzniku prievanu a energetickým stratám, je vhodné inštalovať prvky na reguláciu. Komerčne dostupné regulačné prvky sú väčšinou ovládané ručne alebo elektricky za použitia senzorov, čo nie je vždy najvhodnejšie z hľadiska praktickosti alebo ceny. Patria medzi ne napríklad regulačné klapky a regulačné mriežky.

Pomocou podkladov doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. bola nakreslená a vymodelovaná regulácia pomocou polklapky a štvrt'klapky, použitá do hrdla turbíny Edmonds Hurricane s priemerom hrdla 355 mm. [39]

6.1 REGULÁCIA POMOCOU POLKLAPKY

FUNKCIA POLKLAPKY

Vhodným, lacným a jednoduchým riešením je umiestnenie tzv. regulačnej polklapky do hrdla turbíny na centrálnu hriadeľ. Priebeh zatvárania je zrejmý z obrázku (Obr. 46). Sacie hrdlo je úplne otvorené a polklapka je v zvislej polohe, pokiaľ otáčky hlavice dosahujú primeraných hodnôt, resp. sila vetru je nízka. Po prekonaní určitej kritickej hranice otáčok sa polklapka začne plynule zatvárať. Kritickou hranicou je myslený okamih, kedy odstredivá sila pôsobiaca na nevývažky prekoná tuhosť použitej torznej pružiny. Preto je pre správnu funkciu regulácie dôležitá hmotnosť a poloha nevývažkov a tuhosť torznej pružiny. S ďalším zvyšovaním otáčok sa polklapka dostane do vodorovnej polohy, čím úplne zamedzí prietok vzduchu potrubím. Pružina tiež zabezpečí vrátenie klapky do pôvodnej, zvislej polohy, pri ktorej je hrdlo turbíny úplne otvorené.

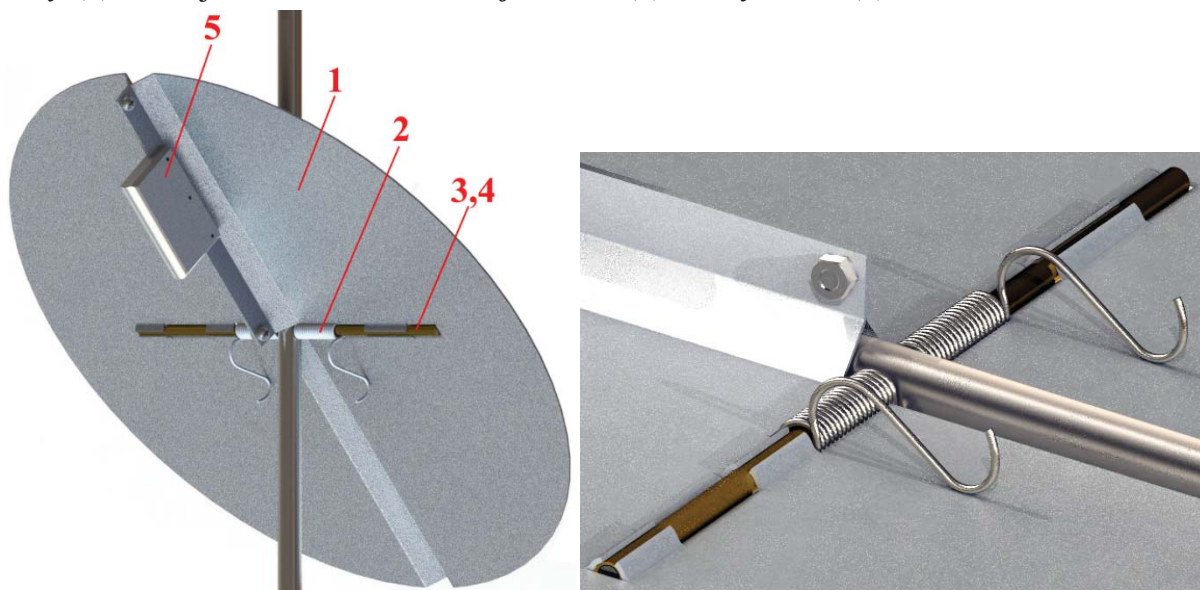


Obr. 46 Znáznornenie funkcie polklapky - postupné zatváranie, Solidworks modely



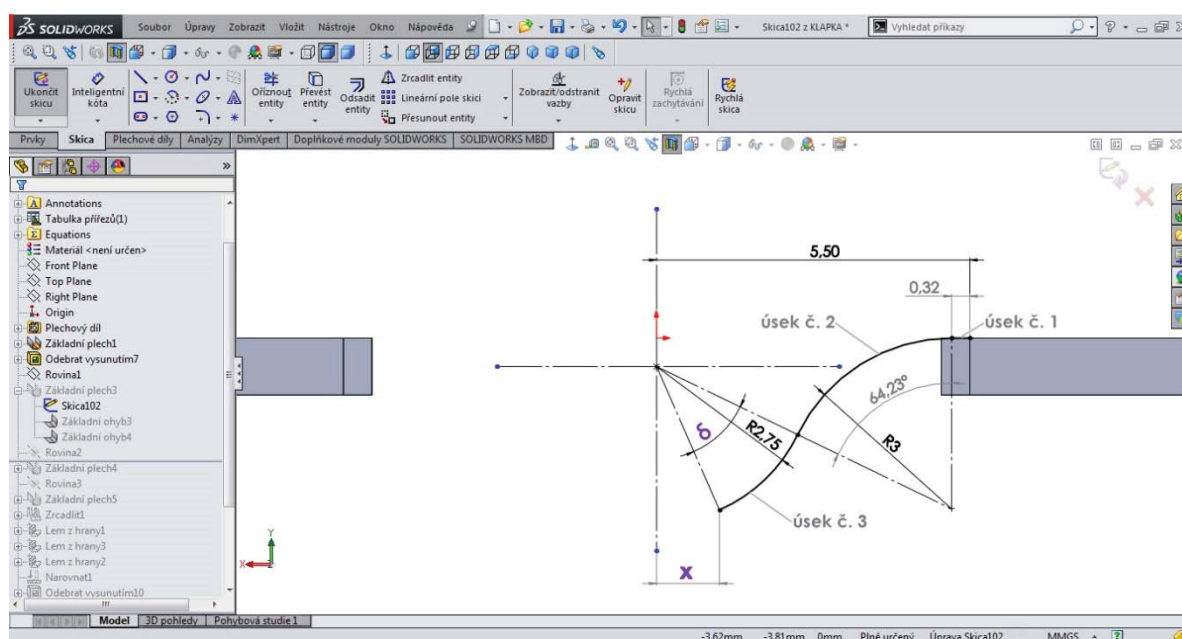
KONŠTRUKCIA POLKLAPKY

Polklapka (Obr. 47) sa skladá z *hliníkového plechu* (1), *torznej pružiny* (2), *nerezovej osky* (3), ktorá je uložená v *mosadznej trubke* (4) a *nevývažku* (5).



Obr. 47 Časti polklapky a detail uloženia na hriadeľi, Solidworks model

Klapka je vyrezaná laserom z hliníku s hrúbkou 1 mm. Skladá sa z dvoch častí hliníkového plechu. Nerezová oska a mosadzná trubka sú uložené v prelisoch, konkrétne v troch na jednej časti polklapky. Susedné prelisy sú orientované do opačných smerov, tzn. jeden nahor, ďalší nadol atď. a aby sa dali vhodne tvarovať, je na polotovare v priečnom aj pozdĺžnom smere vyrezaných niekoľko medzier. Prelisovaním plechu dôjde k zväčšeniu medzery medzi náprotivnými prelismi a jej veľkosť je vhodné vypočítať. Vychádza sa z priemeru mosadznej trubky a z dĺžky medzery medzi susednými prelismi (Obr. 48). K určeniu veľkosti medzery x je potrebné vypočítať uhol δ - uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 3.



Obr. 48 Škica jednej časti prelisu s vyznačenými neznámymi veličinami x , δ , ktoré treba dopočítať



VÝPOČET MEDZERY PRELISU

Aby sa dal plech tvarovať a prelisy ohnúť do požadovaných smerov, je na polotovare laserom vyrezaných niekoľko medzier. Vo výpočte je uvažovaná veľkosť medzery $0,3 \text{ mm}$, resp. len jej polovičná hodnota, keďže je výpočet realizovaný pre polovicu jedného prelisu (Obr. 48).

Celková dĺžka rozvinu sa vypočíta ako súčet dĺžky ohýbaných a rovinných úsekov [38]:

$$L_1 + L_2 + L_3 = L_R \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

Kde:	L_1 - dĺžka rovinatej časti - úsek č. 1	[mm]
	L_2 - dĺžka rozvinu ohýbanej časti - úsek č. 2	[mm]
	L_3 - dĺžka rozvinu ohýbanej časti - úsek č. 3	[mm]
	L_R - celková dĺžka rozvinutého plechu	[mm]

Celková dĺžka rozvinutého plechu jednej časti prelisu:

$$L_R = 5,35 \text{ mm}$$

Dĺžka rovinatej časti – úsek č. 1:

$$L_1 = 0,32 \text{ mm}$$

Dĺžka rozvinu ohýbaného úseku č. 2 [38]:

$$L_2 = \frac{\pi}{180} \cdot \gamma \cdot (r_2 + t \cdot x_2) \quad [\text{mm}] \quad (2)$$

Kde:	γ - uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 2	[°]
	r_2 - vnútorný rádius úseku č. 2	[mm]
	t - hrúbka plechu	[mm]
	x_2 - súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy ¹	[-]

$$L_2 = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot 64,23^\circ \cdot (2 \text{ mm} + 1 \text{ mm} \cdot 0,45)$$

$$L_2 = 2,75 \text{ mm}$$

Dĺžka rozvinu ohýbaného úseku č. 3 [38]:

$$L_3 = \frac{\pi}{180} \cdot \delta \cdot (r_3 + t \cdot x_3) \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

¹ Súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy je tabuľková hodnota, závislá na polomere ohybu, hrúbke plechu a na pevnosti materiálu. [38]



Kde: δ - uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 3 $[\circ]$
 r_3 - vnútorný rádius úseku č. 3 $[\text{mm}]$
 t - hrúbka plechu $[\text{mm}]$
 x_3 - súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy $[-]$

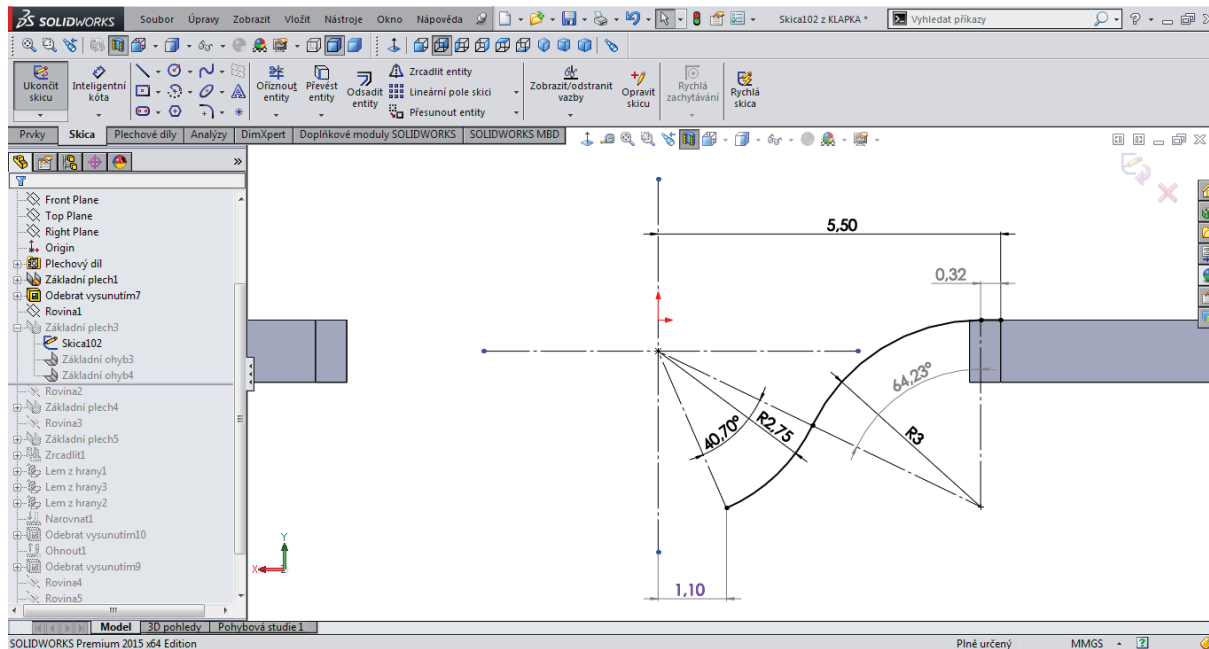
$$\delta = \frac{180 \cdot L_3}{\pi \cdot (r_3 + t \cdot x_3)}$$

$$\delta = \frac{180 \cdot (L_R - L_2 - L_1)}{\pi \cdot (r_3 + t \cdot x_3)}$$

$$\delta = \frac{180^\circ \cdot (5,35 \text{ mm} - 2,75 \text{ mm} - 0,32 \text{ mm})}{\pi \cdot (2,75 \text{ mm} + 1 \text{ mm} \cdot 0,46)}$$

$$\delta = 40,7^\circ$$

Vypočítaná hodnota uhlu sa následne zakótuje do škice, a tým sa získa rozmer medzery $x = 1,10 \text{ mm}$, ktorá vznikne prelisom (Obr. 49). Celá medzera bude dvojnásobkom vypočítanej hodnoty, keďže oproti sebe sú dva prelisy. Táto medzera bude po výrobe, uložení nerezovej osky, mosadzných trubiek a zmontovaní polklapky zalepená lepidlom aby nedošlo k náhodnému vypadnutiu niektorej zo súčastí.

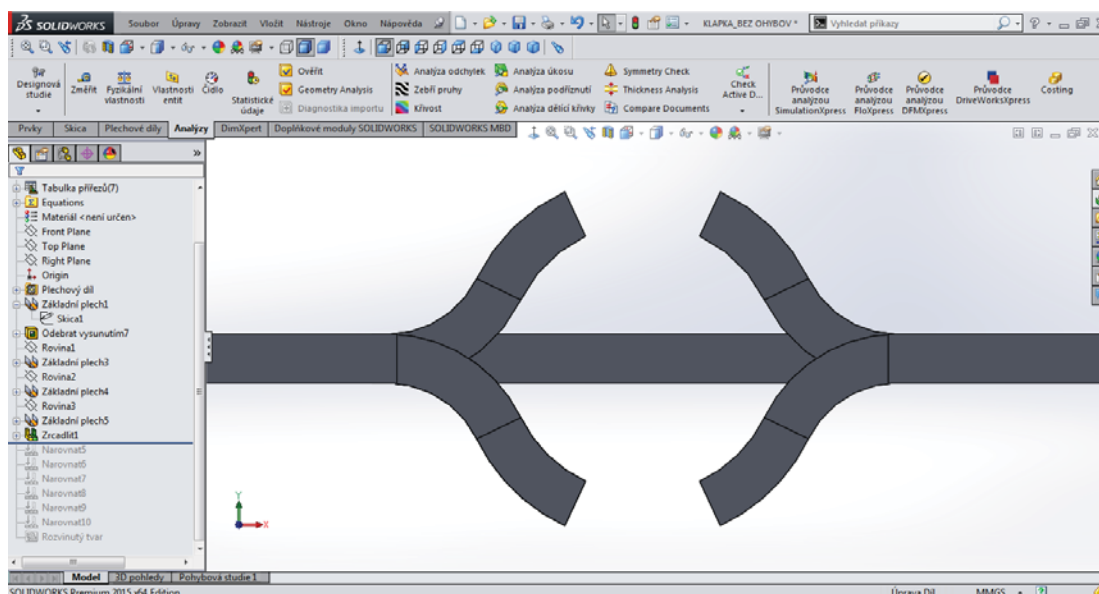


Obr. 49 Škica so zakótovanou medzerou $x=1,10\text{mm}$, vzniknutou prelisovaním plechu

Následne je pomocou nástroja „Základný plech/uško“ prevedená škica na plechový diel s požadovanou hrúbkou 1 mm . Obdobným postupom, resp. použitím nástroja „Zrkadlit“ sú vymodelované aj zvyšné prelisy (Obr. 50). Nástrojom „Narovnat“ je možné všetky prelisy narovnať a získať tak rozvinutý tvar klapky a tým si overiť správnosť výpočtu.



Druhým spôsobom je vytvorenie prelisov pomocou príkazu „Tvarovací nástroj“. K tomu je nutné si vymodelovať nástroj s požadovanými rozmermi, ktorý ohne plech do potrebného tvaru. Tento postup však neumožňuje vytvoriť rozvinutý tvar, čo môže byť nevýhodou.



Obr. 50 Výsledný tvar prelisov a medzera medzi nimi

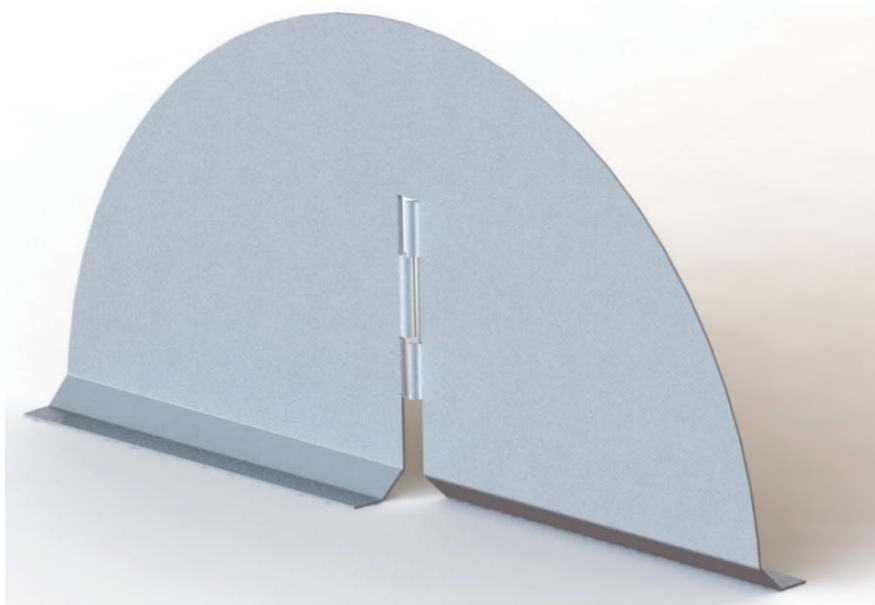
VÝPOČET A MODELOVANIE OHYBOV

Ďalším krokom je vytvorenie štyroch ohybov s uhlom 45° , ktoré slúžia k uchyteniu nevývažkov a prišraubovaniu dvoch zrkadlových dielov polklapiek. Okrem toho je medzi nimi uložená centrálna hriadeľ turbíny. Klapka sa použije pre priemer hrdla turbíny $\varnothing d_T = 355 \text{ mm}$, takže polomer jednej polklapky od jej stredu otáčania bol zvolený na $r_k = 168 \text{ mm}$. Ďalším východiskovým parametrom je polomer centrálnej hriadele turbíny $r_H = 6 \text{ mm}$ a zvolená dĺžka časti vnútorného vlákna ohybu $L_4 = 12 \text{ mm}$.

Na základe východiskových parametrov bol nakreslený bokorys klapky a zo škice zistené rozmery jednotlivých vlákien ohybov (vnútorného, vonkajšieho, stredného). Pomocou nástroja „Lem z hrany“ boli ohyby vymodelované (Obr. 51). Nástrojom „Narovnat“ bola určená dĺžka rozvinutého plechu, určeného na ohýbanie. Túto dĺžku je možné zistiť aj výpočtom, pomocou vzorcov (1), (2) a (3) vyššie uvedených.

Na záver sa na polklapku a jej zrkadlový protikus vyvrtávajú diery potrebné pre prišraubovanie oboch častí. Nevývažky sa pripevnia pomocou nastavovacích šraubov (červíkov) s hrotom.

Výrobný výkres plechu polklapky sa nachádza v prílohe (Príloha č. 1).



Obr. 51 Polklapka - Solidworks model

VÝBER TORZNEJ PRUŽINY

V zostave je použitá torzná pružina s priemerom drôtu $d_p = 1,5 \text{ mm}$. Skladá sa z dvoch zrkadlových úsekov, každý s počtom závitov $n_p = 18$. Stred pružiny sa opiera o centrálnu hriadeľ a dve koncové ramená pružiny sa opierajú o plech polklapky a zabezpečujú postupné zatváranie a aj vrátenie do pôvodnej polohy. Materiálom je korozivzdorná oceľ 1.4301 (X5CrNi 18-10).

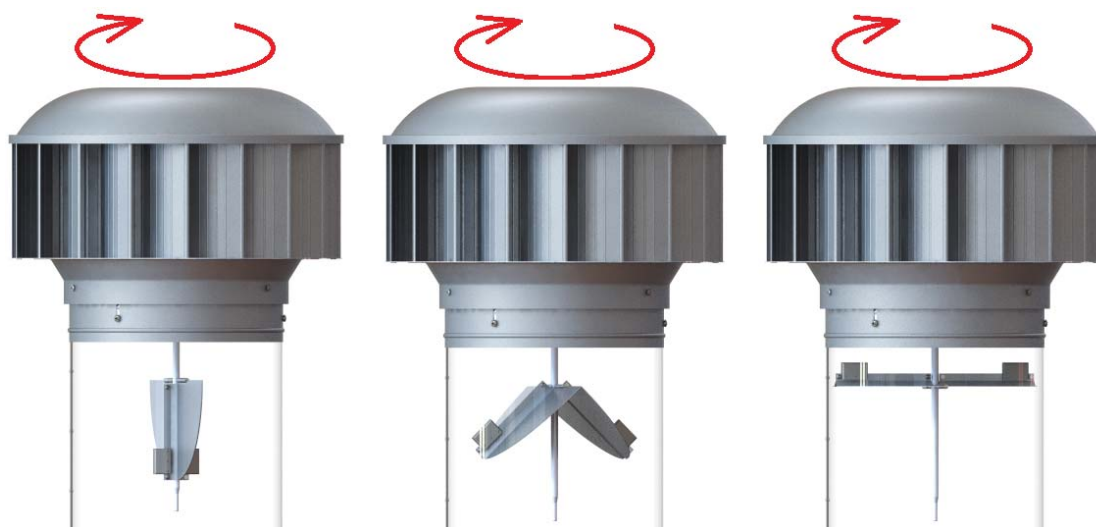


Obr. 52 Torzná pružina - Solidworks model

6.2 REGULÁCIA POMOCOU ŠTVRŤKLAPKY

FUNKCIA ŠTVRŤKLAPKY

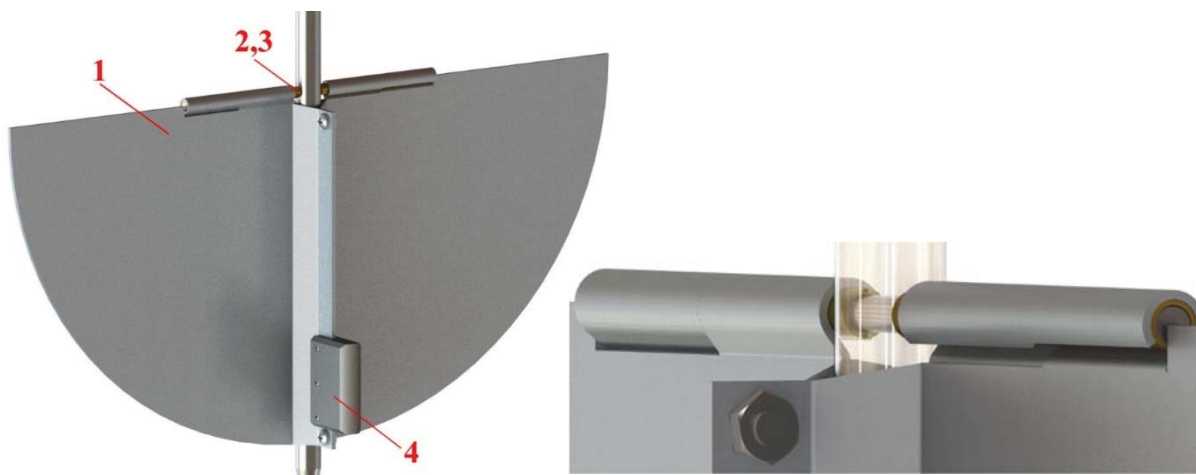
Tzv. štvrťklapka sa od polklapky líši tým, že sa skladá zo štyroch plechových dielov a nie je tu použitá torzná pružina. Princíp funkcie je znázornený na obrázku (Obr. 53). Pri nízkych rýchlostiach vetra a nízkych otáčkach hlavice je štvrťklapka vo zvislej polohe a plechy sa vzájomne dotýkajú. Hrdlo je teda úplne otvorené a prietok vzduchu nie je obmedzený. Zvýšením otáčok hlavice nad kritickú hranicu sa štvrťklapka začne postupne zatvárať. V tomto prípade je kritická hranica okamih, kedy odstredivá sila pôsobiaca na nevývažky prekoná gravitačnú silu, resp. hmotnosť nevývažkov. Časti štvrťklapky sa od seba začnú symetricky vzdďaľovať, až dosiahnu vodorovnú polohu. Po poklese otáčok sa začne klapka samovoľne otvárať. Pre správnu funkciu je dôležitá hmotnosť a poloha nevývažkov.



Obr. 53 Znázornenie funkcie štvrťklapky - postupné zatváranie, Solidworks modely

KONŠTRUKCIA ŠTVRŤKLAPKY

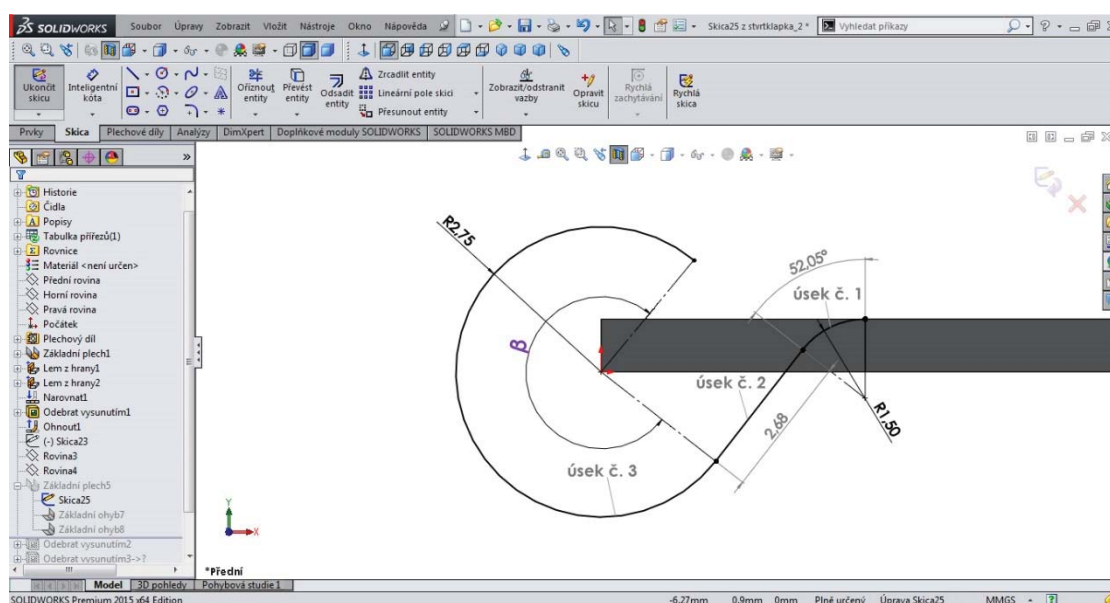
Štvrťklapka (Obr. 54) sa skladá z **hliníkového plechu** (1), **nerezovej osky** (2), ktorá je uložená v **mosadznej trubke** (3) a **nevývažku** (4).



Obr. 54 Časti štvrťklapky a detail uloženia na hriadeli, Solidworks model



Štvrťklapka je vyrezaná laserom z hliníku o hrúbke 1 mm. Jednotlivé klapky sú uložené na centrálnej oske pomocou štyroch ohybov (pántov). Každý kus štvrťklapky má jeden pánt. Zo štyroch plechov sú dve dvojice rovnaké, čo uľahčuje modelovanie ale najmä výrobu. Výpočet a modelovanie pántov je analogický s výpočtom prelisu pri polklapke, s použitím rovnakých vzorcov na tvárnenie plechu. Dôležité je stanoviť uhol β koncových bodov rádiusu úseku č. 3, ktorý bude slúžiť na uchytienie osky s trúbkou tak, aby mal rozvinutý plech požadovanú dĺžku (Obr. 55).



Obr. 55 Škica pántu s vyznačenou neznámou veličinou β , ktorú treba dopočítat

MODELOVANIE A VÝPOČET PÁNTOV

Celková dĺžka rozvinu sa počíta ako súčet ohýbaných a rovinných úsekov (Obr. 55) [38]:

$$L_{1S} + L_{2S} + L_{3S} = L_{RS} \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

Kde: L_{1S} - dĺžka rozvinu ohýbanej časti - úsek č. 1 [mm]

L_{2S} - dĺžka rovinnnej časti - úsek č. 2 [mm]

L_{3S} - dĺžka rozvinu ohýbanej časti - úsek č. 3 [mm]

L_{RS} - celková dĺžka rozvinutého plechu [mm]

Celková dĺžka rozvinutého plechu:

$$L_{RS} = 19 \text{ mm}$$

Dĺžka rozvinu ohýbaného úseku č. 1 [38]:

$$L_{1S} = \frac{\pi}{180} \cdot \psi \cdot (r_{1S} + t \cdot x_{1S}) \quad [\text{mm}] \quad (5)$$



Kde: ψ - uhol koncových bodov rádiusu č. 1 [°]
 r_{1S} - vnútorný rádius úseku č. 1 [mm]
 t - hrúbka plechu [mm]
 x_{1S} - súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy [-]

$$L_{1S} = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot 52,05^\circ \cdot (0,5 \text{ mm} + 1 \text{ mm} \cdot 0,37)$$

$$L_{1S} = 0,79 \text{ mm}$$

Dĺžka rovinnej časti – úsek č. 2:

$$L_{2S} = 2,68 \text{ mm}$$

Dĺžka rozvinu ohýbaného úseku č. 3 [38]:

$$L_{3S} = \frac{\pi}{180} \cdot \beta \cdot (r_{3S} + t \cdot x_{3S}) \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

Kde: β - uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 3 [°]
 r_{3S} - vnútorný rádius úseku č. 3 [mm]
 t - hrúbka plechu [mm]
 x_{3S} - súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy [-]

$$\beta = \frac{180 \cdot L_{3S}}{\pi \cdot (r_{3S} + t \cdot x_{3S})}$$

$$\beta = \frac{180 \cdot (L_{RS} - L_{2S} - L_{1S})}{\pi \cdot (r_{3S} + t \cdot x_{3S})}$$

$$\beta = \frac{180^\circ \cdot (19 \text{ mm} - 2,68 \text{ mm} - 0,79 \text{ mm})}{\pi \cdot (2,75 \text{ mm} + 1 \text{ mm} \cdot 0,46)}$$

$$\beta = 277,2^\circ$$

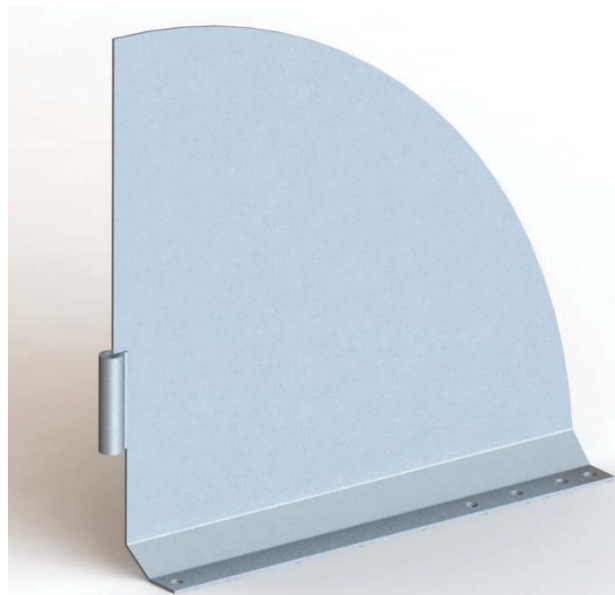
Uhol koncových bodov rádiusu druhého kusu plechu, ktorý je trochu odlišný, bol vypočítaný na $\varphi = 274,8^\circ$ pomocou rovnakých vzorcov (4), (5) a (6). V ďalšom kroku boli vypočítané a nakreslené ohyby. Obdobne ako u polklapky je medzi ohybmi uložený centrálny hriadeľ ventilačnej turbíny, takže pri výpočte a modelovaní sa vychádzalo práve z tejto hodnoty. Výsledkom sú dva kusy štvrtklapky (Obr.56) a (Obr. 57), z ktorých sa vytvorí zostava. Pri montáži sa diery pre uchytenie jednotlivých plechov vyvrtávajú na ohyby s protikusom. Nevývažky sa prichytia pomocou nastavovacích šraubov (červíkov) s hrotom. Do zostavy je potrebné vyrobiť po dva kusy z oboch typov štvrtklapky.



Výrobný výkres oboch plechov štvrt'klapky sa nachádza v prílohe (Príloha č. 2, Príloha č. 3).



Obr. 56 Prvý kus štvrt'klapky



Obr. 57 Druhý kus štvrt'klapky



ZÁVER

Bakalárska práca bola zameraná na problematiku ventilačných veterných zariadení s konštrukčným vývojom 3D modelov alternatívnych systémov a možnosťami regulácie.

Rešeršná časť bola po stručnom popise funkcie a použitia venovaná patentom rozličných ventilačných zariadení a to nielen súčasných, ale aj historických. Všetky dokumenty boli získané z databázy spoločnosti Google v anglickom jazyku, takže ich bolo potrebné analyzovať, pochopiť funkciu a následne preložiť.

V ďalšej časti práce bol spracovaný zoznam súčasných výrobcov s prehľadom zariadení, ktoré ponúkajú na trhu. Každý typ bol stručne popísaný čo sa týka použitia a konštrukčného riešenia. Súčasťou sú výkonové tabuľky pre jednotlivé typy zariadení, z ktorých bolo vytvorených niekoľko grafov pre porovnanie sacích výkonností s rovnakým, resp. podobným priemerom sacieho hrdla.

Vlastným prínosom bolo vypracovanie niekoľkých návrhov konštrukcie ventilačných turbín s cieľom zvýšiť množstvo odsávaného vzduchu. Súčasťou každého je popis predpokladanej funkcie a vplyvu v prevádzke. Presný vplyv a dopad na celkový výkon by bolo možné určiť buď zložitými simuláciami prúdenia vzduchu alebo výrobou niekoľkých prototypov a ich následnými testami, čo by však bolo časovo a finančne náročné. Mohlo by to však byť podkladom pre ďalšie riešenia a výskumy. Všetky varianty boli vymodelované v programe Solidworks na ventilačnej turbíne Edmonds Hurricane.

V poslednej časti práce bola pomocou podkladov doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. vymodelovaná regulácia pomocou tzv. polklapky a štvrtíklapky. Obe sa umiestňujú do hrdla ventilačnej turbíny a vplyvom zvyšujúcej sily vetra a teda s rastúcimi otáčkami hlavice sa postupne zatvárajú a obmedzujú prietok vzduchu, pričom ich konštrukčné riešenie je odlišné. Uvedených bolo aj niekoľko výpočtov parametrov z tvárnenia plechov, použitých pri presnom nakreslení a vymodelovaní regulácii. Výstupom sú výrobné výkresy uvedené v prílohe.



POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] *Edmonds: Commercial Ventilation Manual* [online]. 2010 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.edmondsusa.com/wp-content/uploads/2015/12/Commercial-Ventilation-Manual-v4-1115.pdf>
- [2] *Edmonds: Ventilácia* [online]. 2008 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.turbiny.sk/index.php?a=ventilacie>
- [3] EDMONDS. *Něco o ventilaci* [online]. 2015 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://ventilacniturbiny.cz/neco-o-ventilaci/>
- [4] Best-cover. *Ventilační turbíny* [online]. 2010 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.best-cover.cz/ventilace/ventilacni-turbiny/>
- [5] Lomanco. *Ukázky realizací* [online]. 2010 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.lomanco.cz/ukazky1.php>
- [6] MEADOWS, Vaughn H. *Rotary ventilator*. USA. US1857762A. Přihlášeno 1929-10-30. Uděleno 1932-05-10. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US1857762A/en>
- [7] WILSON, William C. *Ventilator*. USA. US2469096A. Přihlášeno 1945-10-16. Uděleno 1949-05-03. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US2469096A/en>
- [8] ANDREWS, Gabriel a Osama TAWFIK. *Turbine roof ventilator*. Wales, Australia. US6302778B1. Přihlášeno 1999-06-24. Uděleno 2001-10-16. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US6302778B1/en>
- [9] CHANG, Shun-Chen. *Ventilation device*. Taiwan, China. US20140094109A1. Přihlášeno 2011-05-07. Uděleno 2014-04-03. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US20140094109A1/en>
- [10] CLARK, Thomas L. *Windjet turbine*. USA. US6352473B1. Přihlášeno 2000-03-10. Uděleno 2002-03-05. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US6352473B1/en>
- [11] ABC-AMERICAN BOHEMIAN CORPORATION, s.r.o. *Lomanco leták 2013* [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.abcweb.cz/UserFiles/menustranky/dokumenty/lomanco-letak-2013.pdf>
- [12] HVACQuick. *Turbine Bearings: The Bare Facts* [online]. [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: http://www.hvacquick.com/catalog_files/Lomanco_Whirlybird_Bearings.pdf
- [13] Edmonds. *WINDMASTER 300* [online]. [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://ventilacniturbiny.cz/windmaster-300/>
- [14] MUNN, Derek a Norman MCDONALD. EDMONDS PRODUCTS (AUSTRALIA) PTY LTD. *Rotor ventilator*. Australia. US20140323033A1. Přihlášeno 2014-05-12. Uděleno 2014-10-30. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/US20140323033A1/en>



- [15] RAUL větrací systémy s.r.o. *Technický popis* [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.hybridniventilator.cz/index.php?page=technical>
- [16] TVstav. *Odvětrávání šachet panelových domů* [online]. 2011 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/1260-odvetravani-sachet-panelovych-domu>
- [17] Edmonds. *SupaVent 250* [online]. 2015 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://ventilacniturbiny.cz/wp-content/uploads/2015/04/Edmonds-SupaVent-250-katalog.pdf>
- [18] Edmonds. *Technické špecifikácie: SupaVent 250* [online]. 2008 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.turbiny.sk/files/supavent-speci.doc>
- [19] Edmonds. *Turbo Ventura 150* [online]. 2015 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://ventilacniturbiny.cz/wp-content/uploads/2015/04/Edmonds-TurboVentura-150-katalog.pdf>
- [20] Calidad. *Turbo Ventura* [online]. 2010 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: http://calidad.net.au/wp-content/themes/calidad/images/turbo_ventura.jpg
- [21] Edmonds. *Technické špecifikácie: TurboVentura 150, SewerVent 150* [online]. 2008 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.turbiny.sk/files/turboventura-speci.doc>
- [22] Edmonds. *SewerVent 150* [online]. 2015 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://ventilacniturbiny.cz/wp-content/uploads/2015/04/Edmonds-SewerVent-150-katalog.pdf>
- [23] Edmonds. *WindMaster 300* [online]. 2015 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://ventilacniturbiny.cz/wp-content/uploads/2015/04/Edmonds-WindMaster-300-katalog.pdf>
- [24] Edmonds. *Technické špecifikácie: Windmaster 300* [online]. 2008 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.turbiny.sk/files/windmaster-speci.doc>
- [25] Energy Efficiency Centre. *Commercial* [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.eecentre.com.au/commercial-and-industrial/>
- [26] Edmonds. *TurboBeam* [online]. 2008 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.turbiny.sk/index.php?a=produkty-turbobeam>
- [27] Edmonds. *PRŮMYSLOVÉ TURBÍNY* [online]. 2015 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://ventilacniturbiny.cz/prumyslove-turbiny/>
- [28] Edmonds. *Technické špecifikácie: HURRICANE* [online]. 2008 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.turbiny.sk/files/hurricane-speci.doc>
- [29] Edmonds. *Galéria* [online]. 2008 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.turbiny.sk/index.php?a=galeria>



- [30] Edmonds. *EcoPower® Hybrid Ventilation* [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://edmonds.com.au/~media/edmonds/files/ecopower-hybrid-ventilation-brochure.ashx>
- [31] Lomaco. *Lomanco Whirlybird® Turbine* [online]. 2015 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.lomanco.com/vents/whirlybirds>
- [32] ABC- American Bohemian Corporation s.r.o. *STAVEBNÍ TECHNICKÉ OSVĚDČENÍ* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.abcweb.cz/UserFiles/menustranky/dokumenty/sto-lomanco-2013.pdf>
- [33] ABC- American Bohemian Corporation s.r.o. *LOMANCO ventilační turbíny* [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.abcweb.cz/lomanco-ventilacni-turbiny>
- [34] Lomanco. *LOMANCO Energo* [online]. 2010 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.lomanco.cz/download/automaticke-odvetrani-strech-Lomanco-ENERGO.pdf>
- [35] ABC-American Bohemian Corporation s.r.o. *Lomanco ENERGO* [online]. 2016 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.abcweb.cz/lomanco-energo-automaticke-odvetrani-strech>
- [36] VYTOZ-EKO spol. s r.o. *VENTILAČNÍ TURBÍNY ZLT®* [online]. 2015 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.vytozeko.cz/ventilacni-turbiny-zlt/>
- [37] EcoSources. *Savonius vertical axis wind turbine* [online]. [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: http://www.ecosources.info/en/topics/Savonius_vertical_axis_wind_turbine
- [38] BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. ISBN 978-80-227-3242-0.
- [39] MALÁŠEK, Jiří. Podklady vedúceho bakalárskej práce.



Zoznam Použitých Skratiek a Symbolov

ABS		akrylonitrilbutadiénstyrén
CO ₂		Oxid uhličitý
d_P	[mm]	priemer drôtu pružiny
d_T	[mm]	priemer hrdla turbíny
EC motor		elektronicky komutovaný motor
L_1	[mm]	dĺžka rovinnej časti prelisu polklapky - úsek č. 1
L_2	[mm]	dĺžka rozvinu ohýbanej časti prelisu polklapky - úsek č. 2
L_3	[mm]	dĺžka rozvinu ohýbanej časti prelisu polklapky - úsek č. 3
L_4	[mm]	zvolená dĺžka časti vnútorného vlákna ohybu polklapky
L_{1S}	[mm]	dĺžka rozvinu ohýbanej časti pántu štvrtklapky - úsek č. 1
L_{2S}	[mm]	dĺžka rovinnej časti pántu štvrtklapky - úsek č. 2
L_{3S}	[mm]	dĺžka rozvinu ohýbanej časti pántu štvrtklapky - úsek č. 3
L_R	[mm]	celková dĺžka rozvinutého plechu prelisu polklapky
L_{RS}	[mm]	celková dĺžka rozvinutého plechu pántu štvrtklapky
n_P	[mm]	počet závitov pružiny
r_2	[mm]	vnútorný rádius úseku č. 2 prelisu polklapky
r_3	[mm]	vnútorný rádius úseku č. 3 prelisu polklapky
r_{1S}	[mm]	vnútorný rádius úseku č. 1 pántu štvrtklapky
r_{3S}	[mm]	vnútorný rádius úseku č. 3 pántu štvrtklapky
r_H	[mm]	polomer centrálnej hriadele turbíny
r_K	[mm]	polomer polklapky
t	[mm]	hrúbka plechu polklapky
UV		ultrafialový
x_2	[-]	súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy rádiusu r_2
x_3	[-]	súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy rádiusu r_3
x_{1S}	[-]	súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy rádiusu r_{1S}
x_{3S}	[-]	súčiniteľ určujúci polohu neutrálnej vrstvy rádiusu r_{3S}
β	[°]	uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 3 pántu štvrtklapky
γ	[°]	uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 2 prelisu polklapky
δ	[°]	uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 3 prelisu polklapky
φ	[°]	uhol koncových bodov rádiusu druhého kusu štvrtklapky
ψ	[°]	uhol koncových bodov rádiusu úseku č. 1 pántu štvrtklapky



Zoznam Obrázkov

Obr. 1 Ventilačná turbína a prúdenie vzduchu [1]	10
Obr. 2 Odvetrávanie pomocou ventilačnej turbíny v zime a v lete [2]	11
Obr. 3 Odvetranie hál pomocou ventilačných turbín [4]	12
Obr. 4 Odvetranie šachiet bytových domov pomocou ventilačných turbín [5]	12
Obr. 5 Turbína patentovaná Meadowsom [6]	13
Obr. 6 Patent Wilsona a detail lopatky [7]	14
Obr. 7 Turbína patentovaná Andrewsom [8]	15
Obr. 8 Pohľad na hlavicu a ventilátor - patent Chang [9]	16
Obr. 9 Rez turbínou a znázornenie prúdenia vzduchu – Chang [9]	16
Obr. 10 Rez turbínou, patent Clark, 2003 [10]	17
Obr. 11 Detail lopatiek na vonkajšom obvode hlavice [10]	17
Obr. 12 Konštrukcia turbíny Lomanco [11]	18
Obr. 13 Patentované ložisko firmy Lomanco [12]	19
Obr. 14 Ventilačná hlavica Edmonds Windmaster 300 a detail uloženia ložiska [13]	19
Obr. 15 Ventilačná hlavica valcovitého tvaru – patent Edmonds [14]	19
Obr. 16 Hybridná ventilačná turbína firmy H-Tech group [15]	20
Obr. 17 Ukážka použitia hybridných ventilačných turbín [16]	20
Obr. 18 Použitie a detail turbíny SupaVent 250 [17]	21
Obr. 19 Použitie a detail hlavice TurboVentura 150 [19], [20]	22
Obr. 20 Hlavica SewerVent 150 [22]	22
Obr. 21 Aplikácia turbíny WindMaster 300 [25]	23
Obr. 22 Ventilačná hlavica TurboBeam [26]	24
Obr. 23 Ventilačné hlavice typu Hurricane [29]	25
Obr. 24 Edmonds EcoPower – hybridný ventilátor [30]	26
Obr. 25 Turbína Lomanco BIB 12 [31]	27
Obr. 26 Lomanco IB-8 [31]	27
Obr. 27 Hybridná ventilačná turbína Lomanco ENERGO [34], [35]	28
Obr. 28 Ukážka odvetrávania šachty bytového domu turbínou BIB 14 [5]	29
Obr. 29 Ukážka aplikácie turbín VYTOZ-EKO [36]	29
Obr. 30 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín výrobcu Edmonds	30
Obr. 31 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín výrobcu Lomanco	30
Obr. 32 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín výrobcu Vytoz-eko	31
Obr. 33 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 150 mm	31



Obr. 34 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 300 mm , resp. 305 mm	32
Obr. 35 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 355 mm , resp. 356 mm	32
Obr. 36 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 400 mm	33
Obr. 37 Výkonnostné charakteristiky ventilačných turbín s priemerom hrdla 500 mm	33
Obr. 38 Lopatky s priemerom 70mm na plechovom valci - Solidworks model.....	34
Obr. 39 Druhý návrh varianty A s ventilátorom (vyznačený žltou) – Solidworks model.....	34
Obr. 40 Lopatky do tvaru "C" a znázornenie prúdenia vzduchu.....	35
Obr. 41 Lopatky do tvaru "L"	35
Obr. 42 Návrh varianty B s lopatkami do tvaru "C" - Solidworks model.....	35
Obr. 43 Ukážka použitia Savoniovej turbíny [37].....	35
Obr. 44 Schematické znázornenie turbíny varianty „C“ a prúdenie vzduchu.....	36
Obr. 45 Rez turbínou varianty „C“ – Solidworks model.....	36
Obr. 46 Znázornenie funkcie polklapky - postupné zatváranie, Solidworks modely.....	37
Obr. 47 Časti polklapky a detail uloženia na hriadel, Solidworks model.....	38
Obr. 48 Škica jednej časti prelisu s vyznačenými neznámymi veličinami x, δ , ktoré treba dopočítať.....	38
Obr. 49 Škica so zakótovanou medzerou $x=1,10\text{mm}$, vzniknutou prelisovaním plechu.....	40
Obr. 50 Výsledný tvar prelisov a medzera medzi nimi.....	41
Obr. 51 Polklapka - Solidworks model.....	42
Obr. 52 Torzná pružina - Solidworks model.....	42
Obr. 53 Znázornenie funkcie štvrt'klapky - postupné zatváranie, Solidworks modely.....	43
Obr. 54 Časti štvrt'klapky a detail uloženia na hriadel, Solidworks model.....	43
Obr. 55 Škica pántu s vyznačenou neznámou veličinou β , ktorú treba dopočítať.....	44
Obr. 56 Prvý kus štvrt'klapky.....	46
Obr. 57 Druhý kus štvrt'klapky.....	46



ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Sací výkon turbíny SupaVent 250 [18]	21
Tab. 2 Sací výkon turbíny TurboVentura 150, SewerVent 150 [21]	22
Tab. 3 Sací výkon turbíny WindMaster 300 [24]	23
Tab. 4 Sací výkon turbíny TurboBeam [18]	24
Tab. 5 Sacia kapacita turbíny Hurricane v závislosti na priemere hrdla (tabuľka zo zdroja mala saciu kapacitu v jednotkách $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$, hodnoty boli prepočítané na $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$). [28]	25
Tab. 6 Sacia kapacita turbíny Lomanco IB-8 v závislosti na rýchlosti vetra [32]	27
Tab. 7 Sacia kapacita turbíny Lomanco BIB 12 v závislosti na rýchlosti vetra [32]	27
Tab. 8 Sacia kapacita turbíny Lomanco BIB 14 v závislosti na rýchlosti vetra [32]	28
Tab. 9 Sacia kapacita turbín VYTOZ-EKO v závislosti na rýchlosti vetra [36]	29



ZOZNAM PRÍLOH

I.	Výrobný výkres plechu polklapky	BP-01
II.	Výrobný výkres plechu štvrtklapky č. 1	BP-02-01
III.	Výrobný výkres plechu štvrtklapky č. 2	BP-02-02